

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky

**Instalace desktopových operačních  
systémů na mobilních zařízeních**

**Installation of desktop operating  
systems on mobile devices**



# Zadání bakalářské práce

Student:

**Tomáš Štekr**

Studijní program:

B2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612R059 Mobilní technologie

Téma:

Instalace desktopových operačních systémů na mobilních zařízeních

Installation of desktop operating systems on mobile devices

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je zhodnotit možnosti instalace tzv. "desktopových" operačních systémů na mobilních zařízeních. Někteří výrobci mobilních zařízení již nabízejí alternativní možnosti provozování desktopových operačních systémů na mobilních zařízeních. Existují již však neoficiální možnosti. Bakalářská práce musí obsahovat zpracované následující body zadání:

1. Rešerše v oblasti provozování desktopových operačních systémů na mobilních zařízeních.
2. Rešerše v oblasti mobilních koncových zařízení, které umožňují provoz desktopových operačních systémů.
3. Instalace desktopových operačních systémů na mobilní zařízení.
4. Testování provozu desktopových operačních systémů na mobilních zařízeních.
5. Příprava návodů do cvičení.

Seznam doporučené odborné literatury:

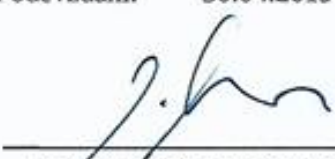
[1] Nikolay Elenkov: Android Security Internals: An In-Depth Guide to Android's Security Architecture, No Starch Press; 1 edition (November 2, 2014), ISBN-13: 978-1593275815.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Kapičák**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019

  
prof. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.  
děkan fakulty





Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 24. dubna 2019



.....



Rád bych poděkoval Ing. Lukáši Kapičákovi za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.



## **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit možnosti instalace takzvaných „desktopových“ operačních systémů na mobilních zařízeních, poukázat na výrobce mobilních zařízení, kteří nabízejí alternativní možnosti provozování desktopových operačních systémů na mobilních zařízeních. Dále bylo nutné zjistit na jaká zařízení lze desktopové operační systémy nainstalovat. Realizovat samotnou instalaci vybraného operačního systému na mobilní zařízení. Analyzovat a otestovat vlastnosti nově nainstalovaného systému. Vytvoření podrobných návodů pro instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení, které by byly použity při výuce na cvičeních.

**Klíčová slova:** Mobilní zařízení, operační systém, Linux, Windows, Android

## **Abstract**

The aim of this bachelor thesis was to evaluate the possibilities of installing desktop operating system on mobile devices, refer to mobile device manufactures, who offer alternative options for operating system on mobile devices. Furthermore, it was necessary to find out which devices can be used to install desktop operating systems. Implement the actual installation of the selected operating system on the mobile device. Analyze and test the properties of the newly installed system. Create step-by-step instructions for installing desktop operating systems on mobile devices that would be used in study tutorials.

**Key Words:** Mobile devices, operating system, Linux, Windows, Android



# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk a symbolů</b>	<b>13</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>15</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>17</b>
<b>Seznam výpisů zdrojového kódu</b>	<b>19</b>
<b>1 Úvod</b>	<b>21</b>
<b>2 Operační systémy</b>	<b>23</b>
2.1 Struktura operačního systému . . . . .	23
2.2 Desktopové operační systémy . . . . .	24
2.3 Mobilní operační systémy . . . . .	29
2.4 Rozdíly mezi desktopovými a mobilními operačními systémy . . . . .	34
<b>3 Procesory</b>	<b>37</b>
3.1 Struktura procesoru . . . . .	37
3.2 Procesory RISC . . . . .	37
3.3 Procesory CISC . . . . .	39
3.4 Procesory ARM . . . . .	39
3.5 Procesor Intel Atom . . . . .	39
<b>4 Virtualizace</b>	<b>41</b>
4.1 Virtualizace desktopů . . . . .	42
4.2 Virtualizace aplikací . . . . .	42
4.3 Virtualizace serverů . . . . .	42
4.4 Druhy virtualizace . . . . .	42
4.5 Virtualizační nástroje . . . . .	45
<b>5 Zařízení umožňující instalaci desktopových systému</b>	<b>47</b>
5.1 Asus ZenFone 2 (ZE551ML) . . . . .	47
5.2 Google Pixel 2 . . . . .	47
5.3 Samsung Galaxy S7 . . . . .	48
5.4 Nokia Lumia 950 XL . . . . .	48
5.5 Motorola Atrix . . . . .	49

<b>6</b>	<b>Instalace desktopových operačních systémů na mobilní zařízení</b>	<b>51</b>
6.1	Virtualizační nástroj Limbo PC Emulator . . . . .	51
6.2	Instalace operačních systémů Linux . . . . .	53
6.3	Instalace operačního systému Windows 7 . . . . .	57
<b>7</b>	<b>Testování operačních systémů a mobilních zařízení</b>	<b>63</b>
7.1	Testování výkonu mobilních zařízení pomocí aplikace AnTuTu Benchmark . . . .	63
7.2	Testování systému Windows 95 . . . . .	65
7.3	Testování operačního systému Linux . . . . .	69
7.4	Testování systému Windows 7 . . . . .	75
<b>8</b>	<b>Návody do cvičení</b>	<b>79</b>
8.1	Instalace operačního systému Windows 95 pomocí aplikace Limbo PC Emulator	79
8.2	Instalace operačního systému Linux . . . . .	80
8.3	Instalace operačního systému Windows 7 . . . . .	84
<b>9</b>	<b>Závěr</b>	<b>85</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>85</b>
<b>A</b>	<b>Obrázkové přílohy</b>	<b>87</b>
	<b>Literatura</b>	<b>115</b>



## Seznam použitých zkratk a symbolů

OS	– Operating System (Operační systém)
PC	– Personal Computer (Osobní počítač)
RAM	– Random Access Memory (Paměť s náhodným přístupem)
ROM	– Read Only Memory (Paměť pouze pro čtení)
CD	– Compact Disc (Kompaktní disk)
DVD	– Digital Versatile Disc (Digitální univerzální disk)
USB	– Universal Serial Bus (Univerzální sériová sběrnice)
SSH	– Secure Shell (Zabezpečený terminál)
HTML	– Hyper Text Markup Language (Hypertextový značkovací jazyk)
CMD	– Command Prompt (Příkazový řádek)
DNS	– Domain Name System (doménový systém jmen)
I/O	– Input/Output (Vstupně/Výstupní zařízení)
VM	– Virtual Machine (Virtuální stroj)
LTE	– Long-Term Evolution (Dlouhodobá evoluce)
NFC	– Near-Field Communication (Komunikace blízkým polem)
GUI	– Graphical User Interface (Grafické uživatelské rozhraní)
SD	– Secure Digital (Paměťová karta)
SIM	– Subscriber Identity Module (modul identity účastníka)
GPS	– Global Positioning System (Globální poziční systém)
CPU	– Central Processing Unit (Centrální výpočetní jednotka)
GPU	– Graphics Processing Unit (Grafický výpočetní jednotka)
PDA	– Personal Digital Assistant (Osobní digitální asistent)
RISC	– Reduced Instruction Set Computer (procesor s redukovanou sadou instrukcí)
CISC	– Complex Instruction Set Computing (procesor s komplexní sadou instrukcí)



## Seznam obrázků

1	Logo systému Android [91] . . . . .	30
2	Životní cyklus aplikací v systému Android [92] . . . . .	32
3	Základní části procesoru [31] . . . . .	38
4	Princip virtualizace [93] . . . . .	41
5	Princip hardwarové emulace [45] . . . . .	43
6	Princip nativní virtualizace [45] . . . . .	44
7	Princip virtualizace na úrovni jádra [45] . . . . .	45
8	Windows 95 na telefonu Asus Zenfone 2 . . . . .	67
9	Windows 95 na telefonu Google Pixel 2 . . . . .	68
10	Operační systém Linux na telefonu Google Pixel 2 . . . . .	71
11	Operační systém Windows 7 na telefonu Asus Zenfone 2 . . . . .	77
12	Výsledky testu výkonu mobilního telefonu Asus Zenfone 2 pomocí aplikace An- TuTu Benchmark . . . . .	87
13	Tabulka umístění v žebříčku pro mobilní telefon Asus Zenfone 2 . . . . .	88
14	Porovnání telefonů Asus Zenfone 2 a Google Pixel 2 . . . . .	89
15	Výsledky testu výkonu mobilního telefonu Google Pixel 2 pomocí aplikace An- TuTu Benchmark . . . . .	90
16	Tabulka umístění v žebříčku pro mobilní telefon Google Pixel 2 . . . . .	91
17	Seznam dostupných zdrojů telefonu Ausu Zenfone 2 . . . . .	92
18	Výsledek AO Bench testu telefonu Ausu Zenfone 2 . . . . .	92
19	Seznam dostupných zdrojů telefonu Google Pixel 2 . . . . .	93
20	Výsledek AO Bench testu telefonu Google Pixel 2 . . . . .	93
21	Seznam dostupných zdrojů notebooku Acer Aspire V3-771G . . . . .	94
22	Výsledek AO Bench testu notebooku Acer Aspire V3-771G . . . . .	94
23	Výsledek počítání čísla $P_i$ nástrojem <i>stress-ng</i> pro telefon Asus Zenfone 2 . . . . .	94
24	Výsledek počítání matice nástrojem <i>stress-ng</i> pro telefon Asus Zenfone 2 . . . . .	94
25	Výsledek počítání čísla $P_i$ nástrojem <i>stress-ng</i> pro telefon Google Pixel 2 . . . . .	95
26	Výsledek počítání matice nástrojem <i>stress-ng</i> pro telefon Google Pixel 2 . . . . .	95
27	Výsledek počítání čísla $P_i$ nástrojem <i>stress-ng</i> pro notebook Acer Aspire V3-771G . . . . .	95
28	Výsledek počítání matice nástrojem <i>stress-ng</i> pro notebook Acer Aspire V3-771G . . . . .	95
29	Hlavní menu aplikace Limbo PC Emulator . . . . .	96
30	Hlavní menu aplikace BusyBox . . . . .	97
31	Hlavní menu aplikace Linux Deploy . . . . .	98
32	Záložka „Settings“ aplikace Linux Deploy . . . . .	99
33	Připojení do systému Linux přes aplikace VNC Viewer . . . . .	100
34	Operační systém Linux Ubuntu připojený přes VNC Viewer . . . . .	101
35	Připojení do operačního systému Linux přes program Putty . . . . .	101

36	Operační systém Linux Ubuntu připojený přes program Putty . . . . .	101
37	Operační systém Windows 95 spuštěný přes aplikaci Limbo PC Emulator . . . .	102
38	Boot mód telefonu Google Pixel 2 . . . . .	102
39	Příkazy pro odemčení zavaděče telefonu Google Pixel 2 . . . . .	103
40	Aplikace Magisk Manager APK . . . . .	104
41	Výpočet čísla Pí na sytému Windows 95 spuštěném na telefonu Google Pixel 2 .	105
42	Výpočet matice na sytému Windows 95 spuštěném na telefonu Google Pixel 2 . .	105
43	Grafický test na sytému Windows 95 spuštěném na telefonu Google Pixel 2 . . .	106
44	Výpočet čísla Pí na sytému Windows 95 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2 .	106
45	Výpočet matice na sytému Windows 95 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2 .	107
46	Grafický test na sytému Windows 95 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2 . . .	107
47	Výpočet čísla Pí na sytému Windows 7 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2 . .	108
48	Výpočet matice na sytému Windows 7 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2 . .	108
49	Grafický test 1 na sytému Windows 7 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2 . .	109
50	Grafický test 2 na sytému Windows 7 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2 . .	110
51	Výpočet čísla Pí na sytému Windows 7 spuštěném na notebooku Acer Aspite V3-771G . . . . .	111
52	Výpočet matice na sytému Windows 7 spuštěném na notebooku Acer Aspite V3- 771G . . . . .	112
53	Grafický test 1 na sytému Windows 7 spuštěném na notebooku Acer Aspite V3-771G	113
54	Grafický test 2 na sytému Windows 7 spuštěném na notebooku Acer Aspite V3-771G	114

## Seznam tabulek

1	Hardwarové požadavky operačního systému Ubuntu . . . . .	26
2	Hardwarové požadavky operačního systému Fedora 20 . . . . .	26
3	Hardwarové požadavky operačního systému Windows 7 . . . . .	28
4	Hardwarové požadavky operačního systému Windows 10 . . . . .	29
5	Seznam verzí operačního systému Android [19] . . . . .	31
6	Verze operačního systému Windows Mobile/Phone . . . . .	33
7	Hardwarové požadavky operačního systému Ubuntu touch . . . . .	34
8	Potřebná konfigurace pro spuštění Windows 95 . . . . .	52
9	Výsledky testu výkonu mobilního telefonu Asus Zenfone 2 . . . . .	63
10	Tabulka umístění v žebříčku pro mobilní telefon Asus Zenfone 2 . . . . .	64
11	Srovnání výsledků telefonů Asus Zenfone 2 a Google Pixel 2 . . . . .	64
12	Výsledky testu výkonu mobilního telefonu Google Pixel 2 . . . . .	65
13	Tabulka umístění v žebříčku pro mobilní telefon Google Pixel 2 . . . . .	65
14	Testování výkonu systému Windows 95 . . . . .	68
15	Seznam dostupných zdrojů telefonu Ausu Zenfone 2 . . . . .	73
16	Výsledek AOBench testu telefonu Ausu Zenfone 2 . . . . .	73
17	Výsledek testu pomocí nástroje <i>stress-ng</i> pro telefon Asus Zenfone 2 . . . . .	73
18	Seznam dostupných zdrojů telefonu Google Pixel 2 . . . . .	74
19	Výsledek AOBench testu telefonu Google Pixel 2 . . . . .	74
20	Výsledek testu pomocí nástroje <i>stress-ng</i> pro telefon Google Pixel 2 . . . . .	74
21	Seznam dostupných zdrojů notebooku Acer Aspire V3-771G . . . . .	75
22	Výsledek AOBench testu notebooku Acer Aspire V3-771G . . . . .	75
23	Výsledek testu pomocí nástroje <i>stress-ng</i> pro notebook Acer Aspire V3-771G . . . . .	75
24	Testování výkonu systému Windows 7 . . . . .	78
25	Konfigurace pro instalaci distribuce Ubuntu . . . . .	83



## Seznam výpisů zdrojového kódu

1	Obsah souboru star win7.sh . . . . .	60
---	--------------------------------------	----





# 1 Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřena na instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení. V následujících kapitolách byly blíže vysvětleny a popsány pojmy jako Operační systém, Procesor, Virtualizace, a další. Byly uvedeny příklady mobilních zařízení, na které se dá nainstalovat desktopový operační systém. Následně byl v bakalářské práci uveden postup instalace na vybrané mobilní zařízení a následné testování nově nainstalovaného desktopového systému. Byly uvedeny potřebné nástroje pro instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení a výsledky testování výkonu mobilních zařízení s nově nainstalovaným systémem. Součástí této práce jsou také podrobné návody do cvičení, které obsahují detailní popis instalace vybraných operačních systémů.



## 2 Operační systémy

Operační systém je takzvaný „prostředník“ mezi softwarem a hardwarem počítače. Operační systém jsou programové moduly ve výpočetním systému, jež ovládají řízení prostředků, jimiž je tento výpočetní systém vybaven, jako jsou procesory, operační paměť, vnější paměť, I/O zařízení a soubory dat. Tyto moduly „rozhodují spory“ (např. o užití téhož prostředku více úlohami), snaží se optimalizovat výkon a zjednodušují efektivní využívání výpočetního systému [2]. Ovládá základní technické prostředky počítače a vytváří vhodnější podmínky pro jejich využívání v uživatelských programech. Funkce operačního systému tvoří podstatnou složku činností počítače a mnozí uživatelé je ani nerozlišují od funkcí technického vybavení [1, 2].

### **Základní úlohy operačního systému:**

- Operační systém organizuje přístup a využívání zdrojů počítače (čas procesoru, přístup k datům na discích, přístup do paměti),
- fyzicky zajišťuje vstup a výstup dat podle požadavků ostatních programů,
- komunikuje s uživatelem a na základě jeho pokynů vykonává požadované akce,
- reaguje na chybové stavy programů a mylné požadavky uživatelů tak, aby tyto chyby nezpůsobily zásadní destrukci systému nebo poškození dat,
- spravuje komunikaci s periferiemi,
- definuje nastavení klávesnice, citlivost myši a dalších zařízení,
- eviduje využívání systémových zdrojů apod [1].

### **2.1 Struktura operačního systému**

Operační systém je zpravidla tvořen tzv. jádrem (kernel), ovladači V/V zařízení (driver), příkazovým procesorem (shell) a podpůrnými systémovými programy.

**Jádro** Po zavedení do paměti řídí činnost počítače, poskytuje procesům služby a řeší správu prostředků a správu procesů.

**Ovladač** Je zvláštní program pro ovládání konkrétního zařízení standardním způsobem. Použití strategie s ovladači umožňuje snadnou konfigurovatelnost technického vybavení.

**Příkazový procesor** Je program, který umožňuje uživatelům zadávat příkazy ve speciálním, obvykle jednoduchém jazyce.

**Podpůrné programy** Jako podpůrné programy jsou mnohdy zahrnovány i překladače (jazyk C v OS UNIX) a sestavující programy. Stojí na stejném místě jako aplikační programy [1].

## 2.2 Desktopové operační systémy

Do oblasti desktopových operačních systémů můžeme zařadit operační systémy, které se běžně používají na osobních počítačích, serverech, nebo noteboocích. V této kapitole jsou popsány dvě kategorie operačních systémů, které jsou dnes velmi často používány právě na těchto zmíněných zařízeních. První z kategorií jsou operační systémy Unix a Linux. Druhou skupinou jsou operační systémy firmy Microsoft Corporation a to systémy Windows.

### 2.2.1 Unix

Operační systém Unix byl vytvořen společností AT&T v roce 1969 v New Jersey v USA. První verze byla naprogramovaná v assembleru. Později však byl systém přepsat do jazyka C. Vzhledem k tomu, že napsat kompilátor jazyka C je relativně snadné, bylo možné Unix přenést na jiné počítače, což ostatní, v assembleru napsané systémy neuměly. Příkazy jsou jednoúčelové. Proto Unix přišel s řešením spojovat příkazy takzvanou „rourou | (pipe)“, která přesměrovala výstup z prvního programu na vstup druhého. Tím byla vytvořena základní idea Unixu. *„Program dělá pouze jednu věc, zato ji dělá perfektně. K dosažení cíle je nutné programy kombinovat. Univerzálním komunikačním prostředkem je text, který se čte ze standardního vstupu a posílá na standardní výstup“* [3].

Jako operační systém byl Unix využívám zejména pro servery, pracovní stanice a osobní počítače. Dnes se však potkáváme pouze s jinými systémy, které jsou založeny na tomto systému. Byl oproti jiným systémům volně šiřitelný. Sehrál velmi důležitou roli i při vzniku internetu, tvorby počítačových sítí nebo modelu klient-server [3].

### 2.2.2 Linux

Linux byl vyvíjen od roku 1991 jako jádro systému Unixového typu. Začal jej vyvíjet finský student počítačových věd na Helsinské univerzitě Linus Torvalds. Ten chtěl vytvořit nový volně dostupný operační systém, který by fungoval na jeho univerzitě místo systému Unix. Torvalds se nechal inspirovat operačním systémem Minix, což byl zjednodušený Unix, z kterého následně vznikl operační systém Linux. Linux začal fungovat jako emulátor terminálu napsaný v jazyce symbolických adres procesoru IA-32 a jazyce C, který byl pak zkompilován do binární podoby a zaveden z diskety, takže mohl fungovat mimo původní operační systém. V terminálovém emulátoru pracovala dvě hlavní vlákna: jedno pro odesílání znaků na sériový port a druhé pro příjem. Když pak Linus chtěl číst nebo zapisovat data na disk, rozšířil tento terminál, který uměl přepínat úlohy, o celý ovladač souborového systému. Poté se Linux začal pomalu vyvíjet v celé jádro operačního systému určené pro systémy kompatibilní se standardem POSIX.

První verze linuxového jádra (0.01) byla vydána na Internetu 17. září 1991, další následovala v říjnu téhož roku. Od té doby se na tomto projektu podílely tisíce vývojářů z celého světa. Linux je šířen pod GNU-GPL licencí. Zdrojové kódy celého operačního systému jsou volně dostupné.

Teorie této licence spočívá v tom, že zdrojový kód je volně šiřitelný, tento zdrojový kód můžeme dále sami upravovat, ale výsledný program musíme šířit právě pod touto licencí. [4, 5]

### 2.2.3 Nejznámější distribuce systému Linuxu

Tím, že je Linux operační systém založený na projektu open-source (jsou volně dostupné programové kódy), který je šířený pod GNU-GPL licencí, je k dostání mnoho nejrozličnějších distribucí, které jsou založeny na jádře systému Linux. V této práci jsou zmíněny nejznámější a nejvíce používané distribuce, se kterými se můžeme setkat. Mezi nejznámější distribuce můžeme zařadit například distribuce Ubuntu, Debian, Fedora, a další.

**2.2.3.1 Debian** Debian je operační systém určený pro provoz na mnoha zařízeních. Tento operační systém vytvořil německý programátor Ian Murdock, který tento systém pojmenoval po své ženě Debra. Nyní je systém vyvíjen programátory po celém světě. Operační systém se skládá ze základního programového vybavení a dalších nástrojů. Základem systému je Linuxové jádro, které poskytuje všechny základní služby. Debian nabízí online repozitáře, které obsahují přes 5100 užitečných balíčků s programy. Tyto balíčky umožňují uživateli jednoduchou instalaci programů do systému. Z Debianu vychází mnoho dalších distribucí systému Linux jako například distribuce Ubuntu, která je blíže popsána v následující kapitole [4, 8]. Debian si můžeme stáhnout z následujícího odkazu [66] .

**2.2.3.2 Ubuntu** Ubuntu je linuxová distribuce založená na Debianu, která je určená pro pracovní stanice, servery, osobní počítače a jiná zařízení. Vyvíjená je firmou Canonical. Díky jednoduchému ovládání celého systému je vhodná pro začínající uživatele. Proto je mezi těmito uživateli velice oblíbená. Dnes má tento operační systém dobrou podporu. Pravidelně vycházejí nové verze systému a aktualizace. Vycházejí takzvané LTS (Long Term Support) distribuce, které mají zaručenou dlouhodobou podporu. Například nejnovější verze Ubuntu 18.04 LTS má podporu až do roku 2028.

Distribuce Ubuntu je dostupná v mnoha světových jazycích včetně češtiny. Českou verzi si můžeme stáhnout z následujícího odkazu [65]. Jako grafické prostředí využívá tento systém prostředí Gnome. Někteří uživatelé však preferují jiná uživatelská rozhraní, a proto vznikly i nové distribuce jako například Kubunu nebo Xubuntu. K dispozici máme také takzvanou „live“ distribuci. Tato distribuce se nemusí instalovat na pevný disk počítače, ale uživatel si ji může pustit například z CD nebo flash disku. Uživatel si systém může otestovat a případně jej nainstalovat [4, 5, 6].

V tabulce 1 můžeme vidět minimální hardwarové požadavky operačního systému Ubuntu [7].

Tabulka 1: Hardwarové požadavky operačního systému Ubuntu

Zařízení	Minimální požadavky
Procesor	dvoujádrový, 2 GHz taktovací frekvence
Paměť RAM	2 GB
Úložiště	25 GB

**2.2.3.3 Red Hat** Red Hat („červený klobouk“) je jedna z nejstarších distribucí systému Linux. Vyvinuta byla v roce 1994, který se tehdy nazýval Red Hat Commercial Linux. Jako první Linuxová distribuce začal Red Hat využívat balíčkovací systém RPM, který dnes používá spoustu distribucí, založených na tomto systému jako například Fedora. V roce 2003 se společnost zaměřila na vývoj nového projektu zaměřeného na podnikové využití. Nový systém dostal název Red Hat Enterprise Linux. Dnes je tento systém vyvíjen spoustou programátorů po celém světě a je sponzorován společností Red Hat. Aktuální verzi Red Hat Enterprise Linux je 7.6, která byla vydána roku 2018 [4, 9].

Distribuci Red Hat si můžeme stáhnout z následujícího odkazu [67].

**2.2.3.4 Fedora** Fedora je založena na linuxovém jádře. Jedná se o nekomerční odnož distribuce Red Hat. Je vyvíjena širokou škálou programátorů a je sponzorovaná firmou Red Hat. V dnešní době má Fedora dobrou podporu. Každá nová verze přináší spoustu novinek. Je převážně zaměřena pro použití na osobních počítačích. Je možné ji však použít i na serveru. Tato distribuce je vhodná pro začínající uživatele. Fedora také nabízí speciální distribuce pro použití systému na platformě ARM například Fedora Workstation nebo Fedora server [4, 68].

Tuto distribuci si můžeme stáhnout následujícího odkazu [68].

V tabulce 2 můžeme vidět minimální hardwarové požadavky operačního systému Fedora 20 [10].

Tabulka 2: Hardwarové požadavky operačního systému Fedora 20

Zařízení	Minimální požadavky
Procesor	1 GHz taktovací frekvence
Paměť RAM	1 GB
Úložiště	10 GB

## 2.2.4 Operační systémy firmy Microsoft Corporation

Firma Microsoft Corporation je americká akciová společnost, která se zabývá vývojem, licencováním a podporou produktů převážně pro počítače. Tuto firmu založili Bill Gates a Paul Allen roku 1975. Oba byli studenti univerzity, kteří měli zálibu v programování. Ani jeden z nich však

univerzitu nedokončil. V lednu roku 1975 byl představen nový mikropočítač Altair880, na který ovšem neexistoval žádný software. Od společnosti, která tento mikropočítač vydala dostali Bill a Paul zakázku, aby software vytvořili. Vytvořili tedy programovací jazyk s názvem Altair Basic a založili firmu Micro-soft (tento název, pocházející ze slov microcomputer a software, byl brzy změněn do dnešní podoby). Během jednoho roku dosáhla firma Microsoft obratu přes 16 tisíc amerických dolarů. V roce 1976 firma získala nové zákazníky jako například Apple Inc., kterým licencoval novou verzi programovacího jazyku Microsoft Basic.

Rok 1980 byl přelomový rok této firmy. Spolu se společností IBM začali vývojáři pracovat na novém počítači IBM PC. Pro tento počítač vytvořili operační systém MS-DOS. Během tohoto roku dosáhl Microsoft obratu přes 16 milionů amerických dolarů a stával se čím dál víc populární. Roku 1985 firma uvedla na trh dnes již velice známý operační systém Windows. První verzí tohoto systému byl Windows 1.0. V devadesátých letech minulého století se na trhu objevili systémy jako jsou Windows 95, Windows 98, a další. V dnešní době na trhu dominují převážně systémy Windows 7 a Windows 10. V následujících kapitolách jsou popsány verze systému Windows, které jsem nainstaloval na mobilní zařízení [11].

**2.2.4.1 Windows 95** Windows 95 byl vydán 24. srpna 1995. Tento operační systém se stal velice populární. Během několika týdnů bylo prodáno 7 milionů kopií tohoto systému. Windows 95 nabízel integrovanou podporu Internetu, telefonického připojení k síti a nové možnosti technologie Plug and Play, které usnadňují instalaci hardwaru a softwaru. Tento 32bitový operační systém zároveň nabízí vylepšené možnosti multimédií, výkonnější funkce pro mobilní počítače a integrovanou správu sítí.

Jako jeden z prvních systémů Windows 95 využívá pro ovládání GUI, tedy grafické uživatelské rozhraní, které známe z dnešní doby. Na rozdíl od systému MS-DOS, který pro ovládání využíval textový terminál. K používání tohoto systému bylo nutné mít počítač s procesorem 386DX nebo vyšším a nejméně 4 MB paměti RAM. K dispozici byl na discích CD-ROM nebo na disketách v 12 světových jazycích. Ve Windows 95 se poprvé objevuje nabídka Start, hlavní panel a tlačítka pro minimalizaci, maximalizaci a zavření v každém okně. Kvůli velké popularizaci Internetu byl do systému integrovaný nový webový prohlížeč Internet Explorer [12].

**2.2.4.2 Windows 7** Windows 7 byl vydán 22. října 2009. Systém Windows 7 je určený pro bezdrátový svět konce první dekády 21. století. Přenosné počítače překonaly v prodeji stolní počítače a stalo se samozřejmostí připojovat se k veřejným bezdrátovým přístupovým bodům v kavárnách a privátním sítím v domácnostech. Mezi hlavní inovaci tohoto systému můžeme zařadit ovládání systému pomocí multitouchové obrazovky. Právě toto ovládání umožnilo provozovat tento operační systém na přenosných zařízeních, které neměli k dispozici hardwarovou klávesnici a myš. Systém Windows 7 přináší nové způsoby práce s okny, například přichycení na kraje obrazovky, náhledy nebo zatřesení, díky kterým se zlepšuje funkčnost a práce s rozhraním je

záživnější. Byla vytvořena takzvaná „HomeGroup“ (domácí skupina) pro zjednodušení sdílení souborů a tiskáren. Nově jsou k dispozici funkce pro rozpoznávání řeči a rukopisu.

V dnešní době je Windows 7 spolu s Windows 10 nejpoužívanější operační systém. Na tomto systému pracují osobní počítače uživatelů v domácnostech, ve firmách, ve školách a podobně. Do listopadu 2018 byl Windows 7 nejpoužívanější operační systém. Používalo jej 38,89 % uživatelů po celém světě. V prosinci 2018 se však stal nejpoužívanější Windows 10 [14]. V lednu roku 2020 bude oficiálně ukončena podpora tohoto operačního systému pro domácí uživatele. Firmám, které mají tento operační systém nainstalován na svých zařízeních Microsoft prodloužil podporu pro edice Windows 7 Professional a Windows 7 Enterprise až do 2023. Tato podpora pro firmy však bude zpoplatněná a to za každé zařízení, které pracuje na tomto operačním systému. Uživatelé jsou proto vybízeni, aby přešli na novější systém Windows 10. V rámci této kampaně poskytla společnost Microsoft bezplatný upgrade na novější Windows 10 [12, 13].

V následující tabulce 3 můžeme vidět hardwarové požadavky pro instalaci operačního systému Windows 7. [15]

Tabulka 3: Hardwarové požadavky operačního systému Windows 7

Zařízení	Minimální požadavky
Procesor	1 GHz taktovací frekvence, 32-bitový nebo 64-bitový
Paměť RAM	1 GB pro 32-bitovou verzi, 2 GB pro 64-bitovou verzi
Úložiště	16 GB pro 32-bitovou verzi, 20 GB pro 64-bitovou verzi

**2.2.4.3 Windows 10** První verzi systému Windows 10 vydala společnost Microsoft Corporation 29. července 2015. Zavádí jednotné uživatelské prostředí pro stolní počítače, mobilní telefony a tablety. Předchůdcem byl Windows 8.1. S vydáním Windows 10 byla nabídnuta aktualizace pro systémy Windows 7 a 8. Po této aktualizaci bylo možné zdarma přejít na Windows 10 do 31. prosince 2017. Od této doby již musí uživatel za licenci pro používání systému zaplatit.

Mezi hlavní změny tohoto systému patří nová nabídka „start“, která již byla dříve představena v operačním systému Windows 8. Tato nabídka obsahuje základní a uživateli často používané funkce, které jdou přes tuto nabídku snadno spustit. Americké verze tohoto systému využívají virtuální asistentku zvanou „Cortana“, která uživateli umožní hlasové ovládání některých funkcí systému jako například zadávání úkolů do kalendáře nebo otevírat programy. Rozšířena je v tomto systému i funkce přichytávání programů. Tato funkce umožňuje přichycení otevřených programů na různá místa obrazovky tak, aby se uživateli s programy lépe pracovalo. Oproti dřívějším systémům kde se daly programy přichycovat pouze do pravého či levého okraje obrazovky, Windows 10 umožňuje přichycení programů na 4 místa.

Spolu se systémem Windows 7 jsou 2 současně nejpoužívanější operační systémy. V prosinci 2018 překonal Windows 10 dlouhodobé prvenství systému Windows 7. V březnu 2019 Windows



10 používá 43,62 % [14]. Windows 10 se dnes prodává v několika různých edicích. Každá edice je zaměřená na různé uživatele. Mezi nepoužívanější edice tohoto systému můžeme zařadit:

**Home** Verze pro domácí použití. Většina dnešních notebooků se systémem Windows používá právě Home edici.

**Pro** Verze pro menší firmy. Funkčně je podobná Windows 7 Professional. Jsou zde k dispozici funkce jako je vzdálená plocha, připojení do domény Windows, Active Directory aj.

**Enterprise** Verze pro větší firmy. Vychází z Windows 8 Enterprise. Podobná jako Pro verze. Přidává funkce pro správu a zabezpečení velkých sítí.

**Education** Verze pro školy. Obsahuje stejné funkce jako Enterprise edice s funkcemi zaměřenými na výuku [12, 16].

V následující tabulce 4 můžeme vidět hardwarové požadavky pro instalaci operačního systému Windows 10 [17].

Tabulka 4: Hardwarové požadavky operačního systému Windows 10

Zařízení	Minimální požadavky
Procesor	1 GHz taktovací frekvence, 32-bitový nebo 64-bitový
Paměť RAM	1 GB pro 32-bitovou verzi, 2 GB pro 64-bitovou verzi
Úložiště	16 GB pro 32-bitovou verzi, 20 GB pro 64-bitovou verzi

## 2.3 Mobilní operační systémy

V dnešní době je k dispozici mnoho nejrozličnějších operačních systémů, které se využívají u mobilních zařízení. V této práci jsou popsány pouze 3 základní a nejvíce rozšířené mobilní operační systémy jako jsou Android, iOS, a Windows Mobile/Phone.

### 2.3.1 Android

Android je mobilní operační systém určený převážně pro mobilní zařízení (mobilní telefony, tablety aj.). Je založen na Linuxovém jádře šířený jako open-source projekt. Android byl vydán v roce 2008 společností Android Inc. Logo androidu je tvořeno malým zeleným robotem, který je i maskot firmy Android Inc. Logo je znázorněno na obrázku 1. Na počátku vývoje nezaznamenal tento systém příliš velký úspěch. Zlom nastal v roce 2005, kdy Google koupil společnost Android Inc. Pod vedením nové společnosti začal velký rozvoj tohoto operačního systému. V roce 2007 byla vytvořena aliance pro vývoj a správu Androidu, která se jmenuje Open Handset Alliance. V této alianci je mnoho firem vyrábějící mobilní zařízení například Samsung, LG, Motorola a

další. Dnes patří operační systém Android k jedním z nejčastěji používaných operačních systémů pro mobilní zařízení.

Prvním mobilním telefonem s Androidem původně ve verzi 1.0, který se reálně dostal do prodeje (konec roku 2008), se stal T-Mobile G1, který vyráběla společnost HTC (známý také pod kódovým označením HTC Dream). Tento dotykový telefon s hardwarovou qwerty klávesnicí tak odstartoval éru obrovských úspěchů na trhu smartphonů [18].

V tabulce 5 můžeme vidět seznam verzí operačního systému Android.



Obrázek 1: Logo systému Android [91]

Další verze operačního systému Android můžeme vidět v následující tabulce 5.

**2.3.1.1 Vlastnosti operačního systému Android** Mezi hlavní výhodu operačního systému Android patří podpora multitaskingu. To znamená, že operační systém dokáže zpracovávat několik procesů současně. V některých případech však systém tuto podporu nevyužívá a to z důvodu úspory energie. Každá aplikace pracuje ve svém vlastním odděleném virtuální prostředí takzvaný "Sandbox"(pískoviště). Proto se spuštěné aplikace navzájem neovlivňují. Pokud chceme, aby aplikace komunikovala s jinou aplikací musíme to při programování zohlednit a udělit oprávnění. Každá aplikace má svůj životní cyklus. Může se nacházet ve 3 různých stavech. Je buď spuštěná (running), pozastavená - uspaná (paused), nebo zastavená (stopped). Životní cyklus aplikací je znázorněn na obrázku 2.

Spuštěním aplikace je tato aplikace převedena do stavu „running“. V tomto stavu uživatel aktivně využívá spuštěnou aplikaci a pracuje s ní. Jakmile uživatel přestane aplikaci používat například spustí jinou aplikaci je tato aplikace převedena do stavu „paused“. Všechny spuštěné aplikace se ukládají v zásobníku spuštěných aplikací, který je tvořen pamětí typu LIFO (Last in

Tabulka 5: Seznam verzí operačního systému Android [19]

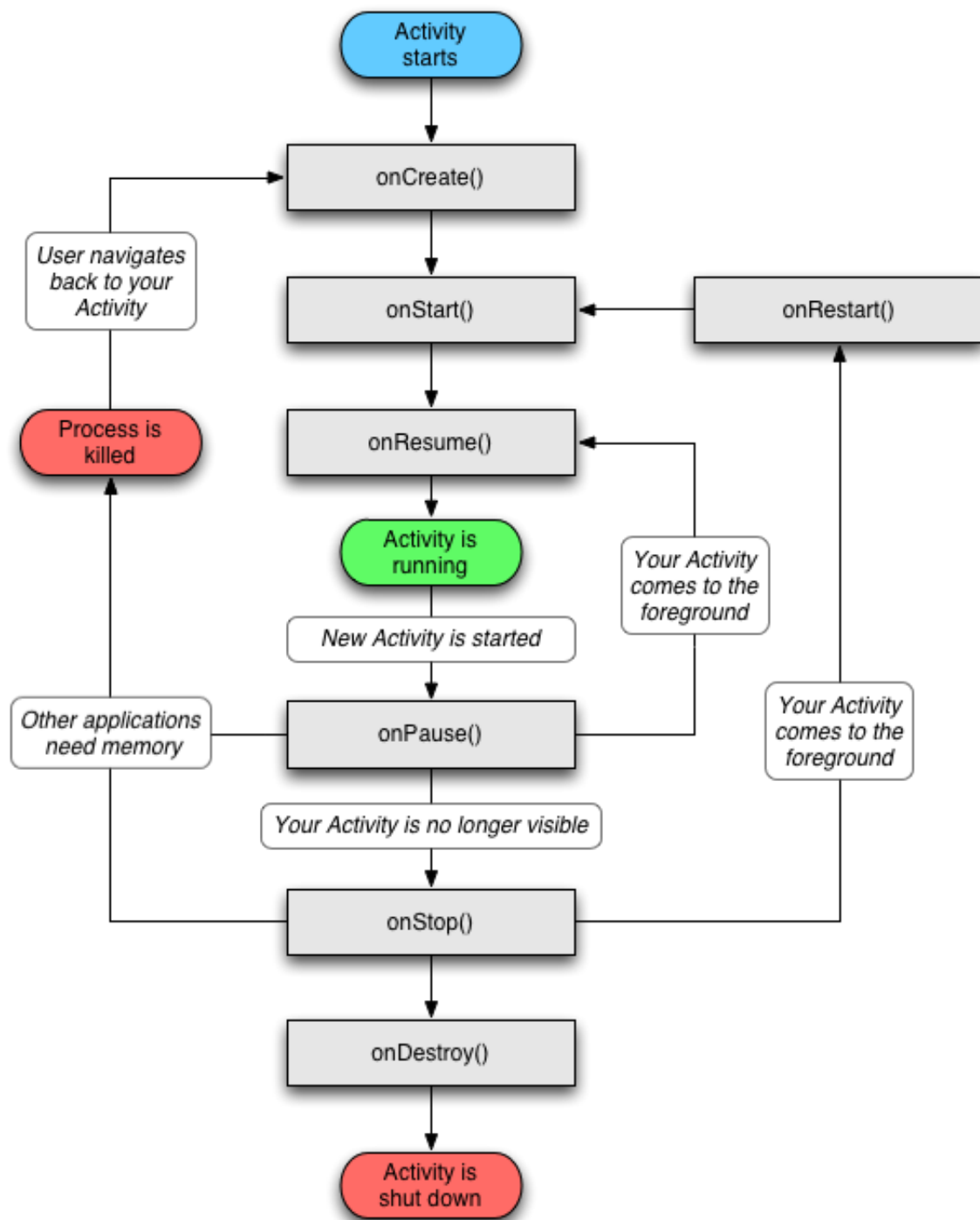
Označení verze	Číslo verze
Pie	9
Oreo	8.1.0
Oreo	8.0.0
Nougat	7.0 - 7.1
Marshmallow	6.0
Lollipop	5.0 -5.1
KitKat	4.4 - 4.4.4
Jelly Bean	4.1.x - 4.3.x
Ice Cream Sandwich	4.0.1 -4.0.4
Honeycomb	3.0 - 3.2.x
Gingerbread	2.3 - 2.3.7
Froyo	2.2.x
Eclair	2.0 - 2.1
Donut	01.6
Cupcake	01.5
Nepojmenováno	1.0 - 01.1

first out). V případě, kdy se chce uživatel přepnout do dříve spuštěné aplikace se tato aplikace znovu spustí a přejde do stavu „running“. Když aplikaci ukončíme je tato aplikace ve stavu „stopped“, tedy zastavená. Aplikace, které jsou spuštěny na pozadí si může sám operační systém ukončit, v případě, kdy jiná aplikace nemá dostatek prostředků pro spuštění. Každá aplikace má určitou prioritu procesu. Systém se rozhoduje podle této priority, kterou aplikaci ukončí. Máme 5 základních priorit:

1. Aktivní proces,
2. viditelný proces,
3. spuštěná služba,
4. proces na pozadí,
5. prázdný proces.

Zpravidla se ukončuje aplikace s nejnižším procesem tedy 5. prázdný proces potom 4. proces na pozadí a tak dále.

Mezi další klíčovou vlastnost tohoto operačního systému je jeho otevřenost, tzn. že různí výrobci mobilních zařízení mohou využít možnost vytvoření vlastních grafických nástaveb, které budou ve svých zařízeních využívat. Například společnost Xiaomi používá Android s grafickou nástavbou MIUI. Dnes patří mezi nejnovější verze MIUI 10.3 [19, 20, 21].



Obrázek 2: Životní cyklus aplikací v systému Android [92]

### 2.3.2 iOS

iOS je mobilní operační systém vytvořený společností Apple Inc, který je určen pro mobilní telefony iPhone nebo pro jiné zařízení jako například iPad, iPod. Historie iOS začíná, 9. ledna 2007,

kdy Steve Jobs (zakladatel firmy Apple Inc.) představil na konferenci MacWorld Conference & Expo první verzi systému. Původně se systém jmenoval iPhone OS. O několik let později však dostal dnes známý název iOS. Dnes je systém k dispozici ve 12 verzích počínaje první verzí iPhone OS a konče iOS 12.2. První verze obsahovala 16 předinstalovaných aplikací. Nové aplikace se nedaly stahovat. Proto Apple vydal v roce 2008 první iOS SDK a byl spuštěn iTunes App Store, ze kterého se již daly aplikace stahovat. Díky App Store získal systém obrovský náskok oproti konkurenci a stále přibývají nové aplikace. Dnes je na App Store přes 1,5 milionů aplikací [23, 24].

### 2.3.3 Windows Mobile/Phone

Windows Phone je operační systém pro mobilní zařízení od firmy Microsoft. Tento systém byl vydán 21. října 2010 místo předchozího operačního systému Windows Mobile (1. verze vydaná roku 2003). Tento nový systém již není zpětně kompatibilní s předchozím Windows Mobile. V dnešní době jsou jako systémy Windows Phone označovány převážně systémy Windows Phone 7, 8 a 10.

Windows Phone využívá podobný vzhled a ovládací prvky, které jsou v desktopových operačních systémech Windows 7, 8 a 10. Na rozdíl od klasických verzí systému Windows používá Windows Phone jiné hybridní jádro systému. Hlavním rysem tohoto operačního systému je takzvaná "Domovská obrazovka", na které se uživatelům zobrazují ty nejdůležitější informace, aplikace a další věci, se kterými může uživatel pracovat. Mezi hlavní aplikace můžeme zařadit například e-mailovou poštu, informace o uživateli, kancelářský balík MS Office a mnoho dalších [27].

V následující tabulce 6 jsou uvedeny verze tohoto operačního systému [28].

Tabulka 6: Verze operačního systému Windows Mobile/Phone

Verze	Rok vydání
Pocket PC 2000	2000
Pocket PC 2002	2001
Windows Mobile 2003	2003
Windows Mobile 5.0	2005
Windows Mobile 6.0	2007
Windows Mobile 6.1	2008
Windows Mobile 6.5	2009
Windows Phone 7	2010
Windows Phone 8	2012
Windows Phone 8.1	2014
Windows 10 Mobile	2015
Windows Phone RIP	2017

### 2.3.4 Ubuntu touch

Ubuntu touch, nebo jinak také Ubuntu Phone bylo založeno na linuxové distribuci Ubuntu. Ubuntu touch je určen pro modernější mobilní telefony nebo tablety. Systém je kompatibilní s jádrem i ovladači systému Android a díky Open-Source bude dostupný pro celou škálu zařízení ještě v době vývoje. Ukázkovým telefonem pro vývoj systému i pro vývojáře je Google Nexus. Vyvíjen je společností UBports Community. Díky otevřenosti kódu jej pomáhají spravovat dobrovolníci po celém světě.

Ubuntu Touch je dodáván s předinstalovaným plně vybaveným terminálem Ubuntu. Ale to neznamená, že musíte být elitní hacker, který používá Ubuntu Touch. Uživatelské rozhraní je navrženo s ohledem na použitelnost a intuitivní ovládání umožňuje každému, aby se cítil jako doma. Tento operační systém lze používat stejně jako jiné mobilní systémy. Umožňuje uživateli telefonovat, psát SMS, prohlížet webové stránky, a další. Protože je Ubuntu touch postaven na linuxové distribuci Ubuntu je možné na něm spouštět a používat stejné aplikace jako na systému Ubuntu. Po připojení externího monitoru, klávesnice a myši můžeme zařízení s tímto operačním systémem používat jako klasický osobní počítač [25].

Někteří výrobci mobilních zařízení dodávají své zařízení s nainstalovaným operačním systémem Ubuntu touch. Zařízení, která jsou dodávána s tímto systémem jsou například Nexus 7, OnePlus One, Fairphone 2 a mnoho dalších [26].

V následující tabulce 7 můžeme vidět hardwarové požadavky pro operační systém Ubuntu touch.

Tabulka 7: Hardwarové požadavky operačního systému Ubuntu touch

Zařízení	Minimální	Doporučené
Procesor	Procesor ARM Cortex-A9	Čtyř-jádrový ARM Cortex-A9 nebo Intel Atom
Paměť RAM	512 MB	Minimálně 1 GB
Úložiště	4 - 8 GB	16 GB a SD karta

## 2.4 Rozdíly mezi desktopovými a mobilními operačními systémy

Mobilní a desktopové operační systémy byly vyvinuty různými způsoby a jsou určeny pro různá použití a zařízení, na kterých budou operační systémy fungovat. Během posledních 30 let se začaly rozvíjet operační systémy určené pro stolní počítače. V té době byly dominantní zejména dva operační systémy, a to Microsoft Windows (firma Microsoft Corporation) a Mac OS (firma Apple Inc.). Byly vytvořeny také alternativy k licencovaným operačním systémům od Microsoftu a Applu. Jednalo se o Open-source operační systémy jako například Linux, Unix, GNU a jiné, které jsou popsány v předchozích kapitolách.

Mobilní operační systémy jsou novějším konceptem. V mnoha ohledech fungují tyto systémy podobně jako desktopové. Používají části, které běžně fungují na stolních počítačích. Hlavním

rozdílem je fakt, že mobilní zařízení je napájeno pomocí baterie, zatímco osobní počítače jsou zpravidla napájeny z elektrické sítě. Proto mobilní operační systémy jsou navrženy, aby spotřebovaly co nejméně elektrické energie. Mobilní zařízení mají také většinou menší velikost paměti RAM. Podstatný rozdíl můžeme také nalézt v ovládání daného zařízení. Počítače ovládáme převážně pomocí klávesnice a myši, zatímco modernější mobilní telefon, či tablet přes dotykový displej.

Mobilní zařízení a počítače jsou konstruovány s odlišným hardwarem. U mobilních zařízení chybí například port RJ-45 pro ethernetové připojení. Komunikace je nejčastěji řešena pomocí bezdrátových technologií. Pro internetovou komunikaci se běžně používá bezdrátového WiFi adaptéru. Pro přenos dat mezi uživateli mobilních zařízení je použit Bluetooth, NFC, případně u starších telefonů a zařízení infraport. Telefony jsou vybaveny rozhraním pro připojení SD nebo SIM karty. SD karta se používá jako externí úložiště dat. Pomocí SIM karty můžeme komunikovat prostřednictvím mobilních komunikačních sítí GSM, LTE a jiných telefonních služeb.

U běžných operačních systémů pro mobilní zařízení se pro úsporu elektrické energie vypne displej, pokud uživatel zařízení právě nepoužívá. Když potřebujeme se zařízením zase pracovat displej se zapne. Aplikace jsou navrženy, aby využívaly co nejméně operační paměti RAM. V případě, kdy dojde paměť RAM systém automaticky začne vypínat nepoužívané aplikace, aby uvolnil potřebné místo v paměti[29].





### 3 Procesory

Procesor je ústřední výkonnou jednotkou počítače, která čte z paměti instrukce a na jejich základě vykonává program. Primárním úkolem procesoru je řídit činnost ostatních částí počítače včetně vlastních jednotek a provádět matematické a logické operace s operandy (čísla ve dvojkovém vyjádření) na základě instrukcí. Procesor pracuje se strojovými instrukcemi. Podle procesu se můžeme setkat z jednoduššími nebo složitějšími instrukcemi, které jsou řadičem procesoru přeloženy (dekódovány) na tzv. mikroinstrukce, pomocí kterých jsou řízeny ostatní části procesoru a počítače. Instrukce, které dokáže procesor rozpoznat a zpracovat pak tvoří tzv. instrukční sadu procesoru. Současné procesory jsou dnes realizovány jako integrovaný obvod s vysokou hustotou integrace součástek na čipu [30].

Dnes můžeme procesory rozdělit do dvou základních skupin podle použité architektury:

**CISC** počítač se složitým souborem instrukcí (Complex Instruction Set Computer)

**RISC** počítač s redukováným souborem instrukcí (Reduced Instruction Set Computer)

Rozlišujeme také procesory podle šířky adresové a datové sběrnice. Čím je větší šířka sběrnice, tím je procesor rychlejší ve vykonávání zadaných instrukcí, provádí výpočty s většími čísly a s větší přesností. Podle této šířky datové sběrnice můžeme procesory rozdělit na 32-bitové a 64-bitové [30, 31, 32].

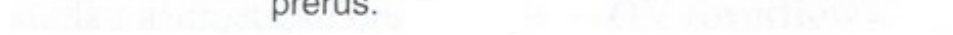
#### 3.1 Struktura procesoru

Hlavními částmi každého procesoru jsou ALU (aritmeticko-logická výpočetní jednotka) a řadič. Hlavní funkcí ALU je provádění výpočtů a matematických operací, které jsou řízeny řadičem této jednotky. Tato jednotka pracuje pouze s celými čísly. Proto procesor obsahuje také jednotku FPU (Floating Point Unit), která provádí operace s reálnými čísly s plovoucí desetinnou čárkou. Další důležitou součástí procesoru jsou 2 vyrovnávací paměti „Cache“. První vyrovnávací paměť L1 urychluje samotnou práci procesoru. Paměť L2 slouží pro komunikaci mezi procesorem a operační pamětí. Řadič procesoru má za úkol číst operandy a instrukce z operační paměti. Po přečtení těchto instrukcí je musí dekodovat a na jejich základě řídit ostatní jednotky procesoru. Další důležitou částí procesoru jsou registry. Jsou to velmi rychlé paměti typu RAM, které mají malou kapacitu a slouží pro ukládání aktuálních instrukcí, mezivýsledků a výsledků matematických operací [31].

Základní koncept procesoru můžeme vidět na následujícím obrázku 3

#### 3.2 Procesory RISC

Pojem RISC (Reduced Instruction Set Computer) znamená počítač s redukovanou sadou instrukcí. Tato instrukční sada obsahuje pouze jednoduché a nejčastěji používané funkce. Instrukce



kompilátoru [30, 32].

Výsledné počítače vytvořené podle těchto pravidel přinášejí výhody jak pro uživatele, tak i pro výrobce. Zkracuje se vývoj procesoru a zpravidla již první realizované čipy fungují správně. Architektura RISC má i své nedostatky, přesto se většina výrobců CISC procesorů uchýlila při výrobě procesorů k realizaci stále většího počtu vlastností architektury RISC. Mezi nevýhody RICS architektury patří třeba nutný nárůst délky programů, tvořených omezeným počtem instrukcí a také díky jednotné délce všech instrukcí [32].

### 3.3 Procesory CISC

Pojem CISC (Complex Instruction Set Computer) znamená počítač se složitou sadou instrukcí. To znamená, že procesor používá velký počet složitějších instrukcí, které jsou však možné rozdělit na několik jednodušších. Například násobení či dělení je možné uskutečnit bitovými posuny a podobně. Tento procesor byl vytvořen s vizí, že pro každou operaci bude existovat konkrétní instrukce. Využívá se zde proudového zpracování instrukcí. Na rozdíl od předchozí architektury RISC mají procesory CISC proměnlivý čas a délku zpracování instrukcí a obsahuje menší počet registrů [30].

### 3.4 Procesory ARM

Procesory ARM (dříve známý pod zkratkou Advantec RISC Machine nebo Acorn RISC Machine) je procesor, který je založený na architektuře RISC, tedy procesoru s redukovanou instrukční sadou. První mikroprocesor s architekturou ARM byl navržen firmou ARM Limited v roce 1984, který nesl název Acorn Archimedes. Procesory ARM se vyznačují velmi nízkou spotřebou elektrické energie, a proto jsou vhodné pro použití v mobilních zařízeních jako jsou mobilní telefony, tablety a další. Dnes se můžeme setkat s integrovanými obvody využívající jádro procesoru ARM prakticky všude. Některé z těchto procesorů se využívají také v osobních počítačích. V roce 2017 používalo procesory ARM přes 98 % mobilních zařízení [33].

Procesory ARM jsou vyráběny jak s 32-bitovou tak i s 64-bitovou architekturou. Dnes jsou vyvíjeny procesory ARM nesoucí název Cortex. Tyto procesory jsou rozděleny podle účelu použití a výkonnosti. Cortex-A jsou procesory s nejvyšším výkonem a používají se například v mobilních telefonech, v automobilovém a lékařském průmyslu. Cortex-R jsou používány v automobilovém a technickém průmyslu, a v kamerových systémech. Cortex-M jsou procesory s nejnižším výkonem a jsou také používány v automobilovém průmyslu, chytrých zařízeních nebo ve vestavěných systémech [34, 35].

### 3.5 Procesor Intel Atom

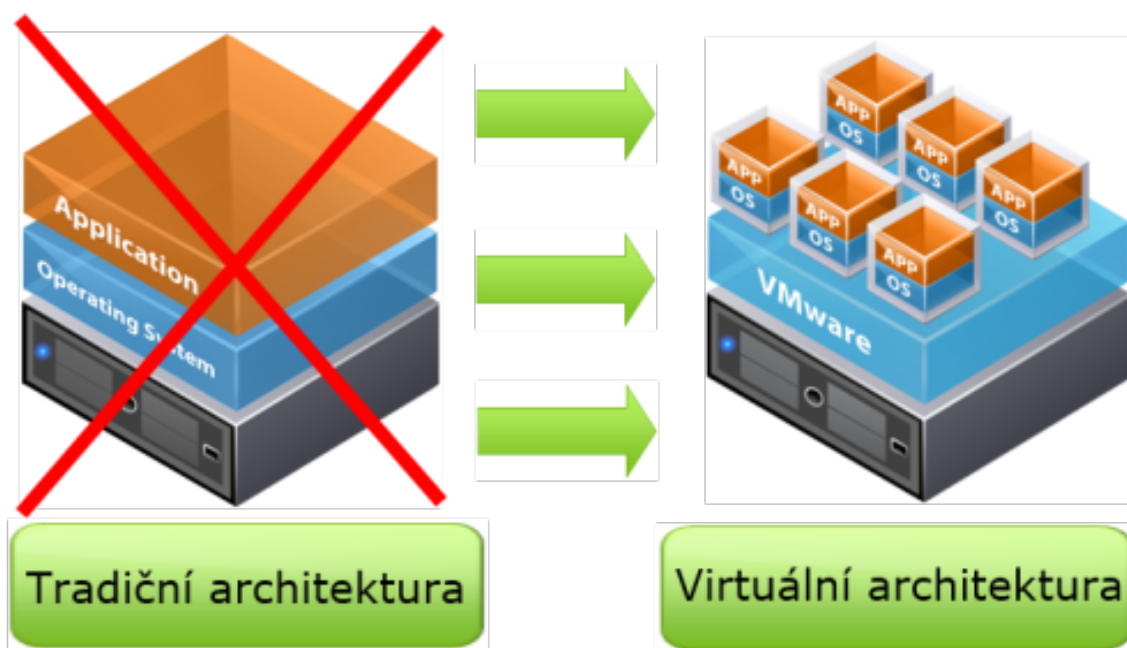
Intel Atom je procesor vyrobený firmou Intel Corporation. Vývoj tohoto procesoru byl oznámen roku 2007 a oficiálně byl uveden do provozu 2. dubna 2008. Tento procesor můžeme zařadit do rodiny procesorů x86 a x86-64. Podobně jako výše zmíněný procesor ARM také Intel Atom je konstruován tak, aby měl co nejnižší spotřebu elektrické energie. Proto je vhodný pro použití v mobilních zařízeních jako jsou mobilní telefony tablety a další. Hlavní výhodou tohoto procesoru je podpora x86 platformy a tedy i podpora operačního systému Windows.

Intel Atom se vyráběl 45nm technologií. Svými rozměry (13 mm x 14 mm x 1.6 mm) byl nejmenším procesorem, který firma Intel vyráběla. Spotřeba elektrické energie se pohybuje mezi 0.65 W - 2.64 W, taktovací frekvence je mezi 0.8 - 2 GHz. Konkrétní hodnoty se liší podle jednotlivých modelů procesoru. [36] Díky novým technologiím se dnes neustále zmenšuje výrobní technologie tohoto procesoru. Dnes se Intel Atom vyrábí 14nm technologií. Na trhu se objevují

nové verze Intel Atom, které se označují třídami x5 a x7. Tyto nové verze jsou schopny snížit spotřebu elektrické energie na 2 W [36, 37].

## 4 Virtualizace

Termín virtualizace se začíná objevovat od 60. let 20. století. Virtualizace umožňuje, aby na jednom zařízení mohlo pracovat více operačních systémů využívajících hardware zařízení. Princip virtualizace spočívá v tom, že na jednom fyzickém serveru může provozovat více operačních systémů. Tento fyzický server každému systému poskytuje virtuální hardware jako je procesor, operační paměť, diskové úložiště a další komponenty. Protože virtualizovaný systém je uložen jako soubor (tzv. obraz), můžeme jej tedy upravovat a modifikovat a tedy můžeme vytvořit obraz i jiného procesoru, než máme fyzicky k dispozici. Tento obraz můžeme uživateli poskytnout jako celý počítač, který se nazývá „Virtuální stroj (VM - Virtual machine)“. Uživatel, který používá tento virtuální stroj nemusí vůbec poznat, že nepracuje s fyzickým strojem ale se strojem virtualizovaným. Virtuální počítač lze spouštět nad fyzickým hardwarem, aniž by se ovlivňovali a vzájemně se blokovali. Tuto vlastnost nám zajišťuje dispečer tzv. „hypervisor“. Hypervisor řídí jednotlivé virtuální instance a přiděluje jim strojový čas [45]. Z obrázku 4 si můžeme představit, jak funguje virtualizace.



Obrázek 4: Princip virtualizace [93]

Virtualizace se často používá například ve firmách, které provozují na svých serverech nějaké služby a z bezpečnostních důvodů je nechtějí provozovat na jednom fyzickém serveru, ale využijí právě možnosti virtualizace a budou každou službu provozovat na jednom virtuálním stroji. Tento způsob šetří peněžní náklady například na pořizování nových strojů. [45, 46].

Pro instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení jsem využil právě možnosti virtualizace. Jako virtualizační nástroje jsem použil QEMU a KVM, které jsou popsány

v následujících kapitolách této práce. Dnes se virtualizace využívá v mnoha případech a podle účelu ji můžeme rozdělit do jednotlivých skupin. Druhů virtualizací je dnes velice mnoho a pro zjednodušení uvedu jen některé z nich.

#### **4.1 Virtualizace desktopů**

Virtualizace desktopů spočívá v oddělení uživatele od fyzického stroje. Uživatel tedy nepracuje přímo na fyzickém počítači, ale na virtualizovaném stroji. Tento virtualizovaný stroj může být umístěn na serveru, na který se uživatelé připojují prostřednictvím klientských aplikací například pomocí vzdálené plochy a podobně. Výhodou této virtualizace je centralizovaný přístup. Správci mohou jednodušeji spravovat tyto virtuální stroje a zvýšit bezpečnost. Na jednom fyzickém serveru může být více virtualizovaných strojů. Každý uživatel tedy může pracovat na svém virtuálním stroji [45].

#### **4.2 Virtualizace aplikací**

Virtualizace aplikací poskytuje prostředí, ve kterém se aplikace spouští izolovaně od operačního systému. To přináší mnoho výhod jako například omezení konfliktů mezi různými aplikacemi. Díky této virtualizaci můžeme spouštět a používat starší aplikace, které již nefungují například na novějším systému. Nabízí možnost instalovat a paralelně spouštět různé verze dané aplikace na jednom OS. Aplikace můžou pracovat bez nutnosti instalace. K registraci komponent či asociaci přípon dojde při prvním spuštění a z pohledu OS se aplikace jeví jako nainstalovaná [45, 47].

#### **4.3 Virtualizace serverů**

Serverová virtualizace spočívá v tom, že na jednom fyzickém serveru můžeme provozovat několik virtuálních strojů najednou. Mezi hlavní výhody této virtualizace můžeme zařadit úsporu finančních nákladů na pořizování nových fyzických serverů, větší potencionální využití stávajícího hardware serveru (procesoru, paměti, pevných disků apod.). Většina serverů využívá pouze malé procento svého výpočetního výkonu a tím pádem nevyužívá celý potenciál. Tento nevyužívaný výkon serveru může být díky této virtualizace použit. Díky tomu můžeme tedy snížit náklady na pořizování nového hardwaru a využít plný výkon serveru. Tento princip můžeme opět vidět na obrázku 4 [45].

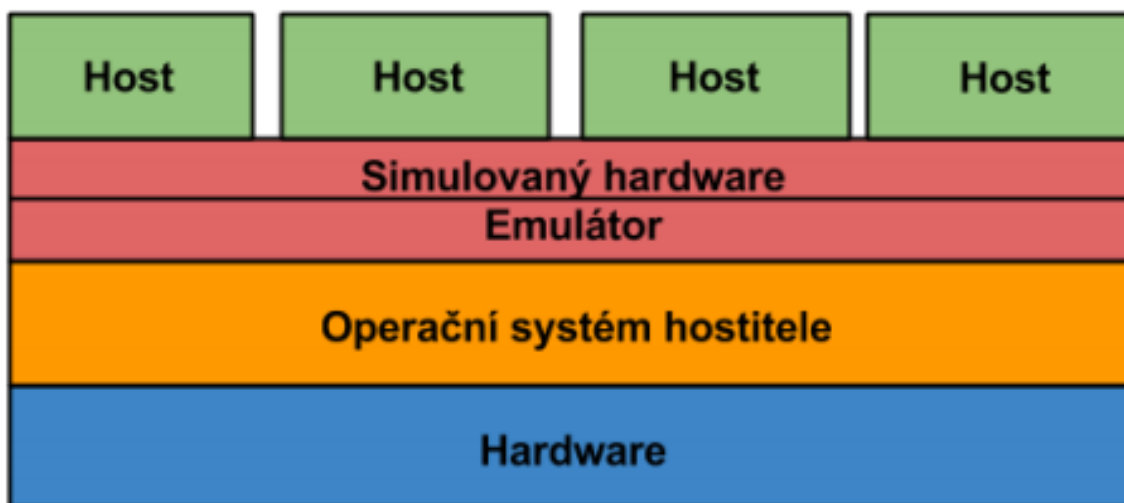
#### **4.4 Druhy virtualizace**

Virtualizace nabízí několik způsobů jak danou virtualizaci realizovat. Podle způsobu, jakým přistupujeme k fyzickým zdrojům daného zařízení, na kterém chceme virtualizaci provádět můžeme rozdělit do několika skupin. V dnešní době existuje více druhů virtualizací. V této práci jsou blíže popsány hlavní druhy virtualizace, které jsem použil pro instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení.

#### 4.4.1 Hardwarová emulace

Hardwarová emulace se využívá při simulaci jiné hardwarové platformy než je virtualizovaný systém. Při této emulaci je simulován celý hardware zařízení. Umožňuje instalaci a provozování jiných operačních systémů, které jsou určené pro jiné procesory. To znamená, že instrukční sada procesoru virtualizovaného počítače musí být také simulována. Tato funkce je ovšem spojena s jistou nevýhodou. Každá instrukce fyzického procesoru musí být přeložena na odpovídající instrukci virtualizovaného procesoru. Toto překládání značně snižuje rychlost a výpočetní výkon virtualizovaného stroje. Další nevýhodou je absence vedení dynamických zdrojů, tzn. že v průběhu virtuální instalace k ní nelze přiřazovat další fyzické zdroje.

Hardwarovou emulaci využívají některé virtualizační nástroje jako jsou například QEMU, DOSBox, Microsoft Virtual PC a mnoho dalších. Na obrázku 5 můžeme vidět princip hardwarové emulace [45, 48].

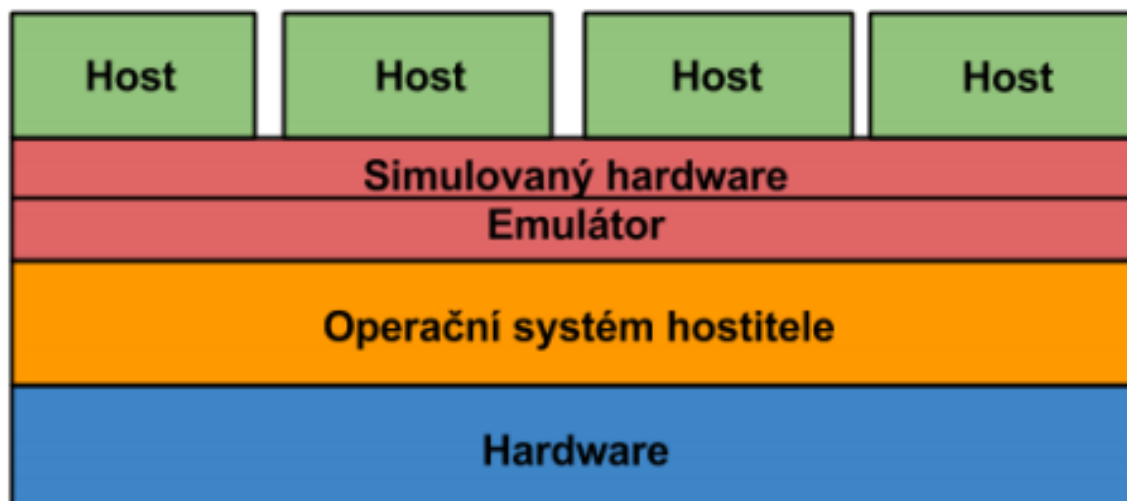


Obrázek 5: Princip hardwarové emulace [45]

#### 4.4.2 Nativní virtualizace

Nativní virtualizace, často známá jako hardwarová virtualizace spočívá v simulaci prostředí pro virtuální počítač, který je totožný s fyzickým prostředím hostitele. Umožňuje, aby operační systém pracoval na hostitelském zařízení, který podporuje stejnou architekturu procesoru. Rozdíl oproti emulaci spočívá v tom, že virtuální instance může přímo přistupovat ke všem fyzickým zdrojům na kterých nemůže narušit běh jiné instance. Pokud by mohlo dojít k narušení jiné virtuální instance, tak se daná část emuluje.

Nativní virtualizace umožňuje několik různých programů a aplikací jako například QEMU, Microsoft Hyper-V, Xen, VirtualBox a další. Na obrázku 6 můžeme vidět princip nativní virtualizace. Tento druh virtualizace jsem použil například pro instalaci operačního systému Windows [45].



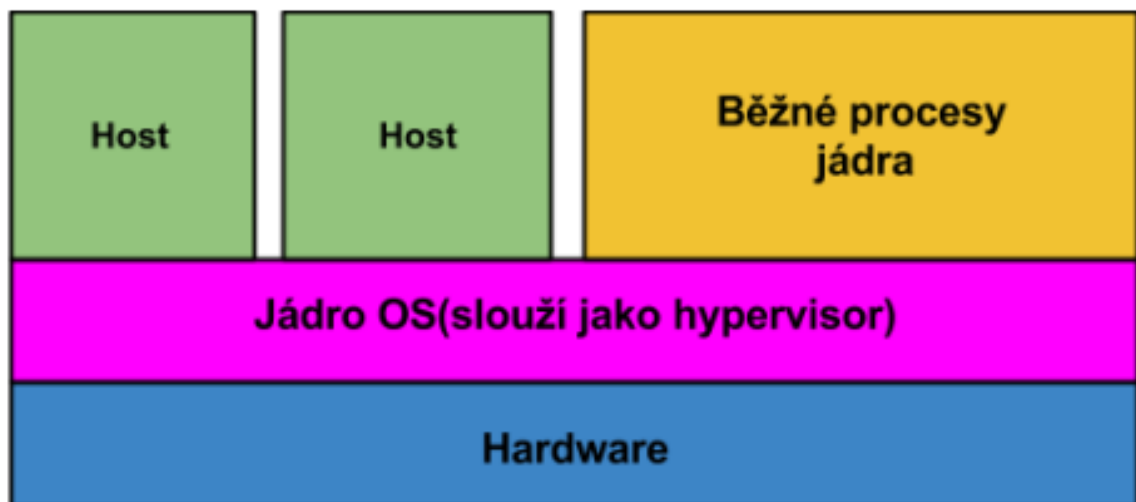
Obrázek 6: Princip nativní virtualizace [45]

#### 4.4.3 Virtualizace na úrovni jádra

Virtualizace na úrovni jádra nebo také virtualizace na úrovni operačního systému je jedna z nejefektivnějších metod virtualizace. Virtualizovaná prostředí pracují přímo nad jádrem hostitelského zařízení, tudíž má přístup k samotnému hardware tohoto zařízení. Nevytváří se zde žádné virtuální prostředí. Tato metoda má výhodu v tom, že virtuální instance používá systémové volání pro přístup k hardwaru a ty jsou zpracovány přímo jádrem operačního systému. Tímto se snižují režijní ztráty, které jsou tak způsobeny pouze oddělením procesů, diskových prostorů a síťového provozu virtuálních instancí.

Virtualizace na úrovni jádra se převážně používá pro virtualizaci operačních systémů, které pracují na linuxovém jádře například operační systémy Linux, Android, a mnoho dalších. Tento typ virtualizace jsem použil pro instalaci operačního systému Linux. Existuje mnoho virtualizačních nástrojů, které tuto formu umožňují například KVM, Linux-VServeru, OpenVZ a další [45, 49]. Na obrázku 7 můžeme vidět princip virtualizace na úrovni jádra.





Obrázek 7: Princip virtualizace na úrovni jádra [45]

## 4.5 Virtualizační nástroje

V dnešní době existuje spousta nejrůznějších virtualizačních nástrojů. Tyto nástroje mohou být rozděleny podle toho, jakým způsobem provádějí samotnou virtualizaci. Některé nástroje byly zmíněny v předchozích kapitolách. V této práci jsou blíže popsány pouze dva virtualizační nástroje, které jsem využil pro instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení. Konkrétně se jedná o nástroje KVM a QEMU.

### 4.5.1 KVM

KVM (Kernel-based Virtual Machine) je open-source virtualizační nástroj, který spadá do kategorie virtualizace na úrovni jádra. KVM je publikován pod licencí GNU-GPL a GNU LGPL KVM. Naprogramován je v jazyce C. Tento virtualizační nástroj se využívá pro virtualizaci operačních systémů založených na jádře operačního systému Linux. Určený je především pro platformy x86. Umožňuje však také virtualizaci pro procesory ARM. Pro využívání virtualizace pomocí KVM je nutné mít podporu virtualizace v procesoru například technologie (Intel VT or AMD-V). Při virtualizaci přes KVM je virtuální stroj implementován jako proces v systému Linux. Díky této vlastnosti jsou využity všechny výhody a dostupné funkce systému Linux.

KVM se skládá ze zaváděcího modulu jádra *kvm.ko*, který poskytuje základní virtualizační infrastrukturu a modul specifický pro procesor *kvm-intel.ko* nebo *kvm-amd.ko*. KVM zpřístupňuje virtuálním strojům pouze procesor. Ostatní zařízení musí být emulovány. K tomu je použit modifikovaný emulační nástroj QEMU. Vzhledem k tomu že virtuální stroj je implementován jako Linuxový proces je poskytován standardní Linuxový model zabezpečení. Linuxové jádro poskytuje izolaci ovládání fyzických zdrojů k tomu využívá projekt SELinux a na něm postavený projekt sVirt.

KVM Používá výkonné funkce pro správu paměti Linuxu. Paměť virtuálního stroje je uložena jako paměť pro jakýkoliv Linuxový proces, to zajišťuje podporu NUMA, která umožňuje použít velké množství paměti pro virtuální stroje. Dále je podporovaná funkce jádra KSM, která umožňuje sdílení paměti mezi virtuálními hosty. KVM umožňuje používat libovolné úložiště pro ukládání obrazů strojů, které jsou podporované Linuxem. Podporovány jsou obrazy virtuálních strojů na sdílených souborových systémech, jako je GFS2. Nativní formát disku pro KVM je *qcow2*, který obsahuje podporu „snapshotů“, komprese a šifrování dat. [45]

KVM poskytuje funkci migrace systému. To znamená, že virtualizovaný systém můžeme přenášet mezi hostitelskými zařízeními bez přerušení služby. Podobně jako je tomu u nástroje QEMU, KVM také umožňuje uložení aktuálního stavu systému na pevný disk. Tento nástroj je možné provozovat na mnoha různých operačních systémech například na FreeBSD, Linux, MS-DOS a dalších. KVM také poskytuje možnost využití metody paravirtualizace. Tato metoda umožní pracovat s I/O rozhraním zařízení například síťovou kartou, které se nemusí emulovat [45, 51].

#### 4.5.2 QEMU

Virtualizační nástroj QEMU je open-source nástroj vyvíjený pod systémem Linux. Tento nástroj slouží pro simulaci hardwaru. Je založen na hardwarové emulaci. Díky této emulaci můžeme s tímto virtualizačním nástrojem spouštět programy a aplikace, které jsou vytvořeny i pro jinou procesorovou architekturu. QEMU lze provozovat na většině operačních systémů jako jsou Linux, Windows, Android a dalších. Díky hardwarové emulaci dosahuje tento nástroj téměř shodných rychlostí, jako kdyby byl systém spuštěn nativně na počítači. Tato rychlost je umožněna zadáváním instrukcí přímo na hostitelský procesor. Od verze 0.11.x je QEMU rozšířen o podporu nativní virtualizace. QEMU umožňuje uložit aktuální stav virtuálního stroje. Tato funkce se nazývá „snapshot“. Podporuje živou migraci, ladění systému a bootování ze starších diskových formátů.

Balíček QEMU obsahuje nástroj „qemu-img“, který je použit pro vytváření, konvertování a šifrování souborů virtuálních strojů v odlišných formátech. To umožňuje bootovat formáty virtuálních strojů i jiných virtualizačních nástrojů. Dále je v balíčku nástroj „qemu-nbd“, který je použit pro exportování obrazů virtuálních strojů přes síť pomocí NBD protokolu [45].

QEMU umožňuje virtualizovat operační systémy x86 a také x64. Umožňuje virtualizace na procesorové architektuře ARM. Tento emulační nástroj můžeme provozovat na mnoha operačních systémech. Můžeme jej využívat v systému založených na jádře Linuxu například v operačním systému Android. Proto jsem zvolil tento virtualizační nástroj na instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení. Díky otevřenosti kódu je dnes vyvíjeno spoustu emulačních nástrojů založených právě na tomto nástroji [45, 50].

## 5 Zařízení umožňující instalaci desktopových systému

V dnešní době existuje spousta zařízení, které umožňují instalaci desktopových operačních systémů. Hlavní podmínkou, která určuje, zda je možné nainstalovat desktopový operační systém na toto zařízení je, zda je poháněn procesorem, který podporuje danou architekturu systému, který chceme nainstalovat. Zařízení ovšem musí splňovat minimální hardwarové požadavky jako například velikost paměti RAM, dostatečně velké úložiště a další. Dále jsou popsány mobilní telefony, které umožňují instalaci desktopových operačních systémů. Jsou zde popsány pouze některá zařízení, převážně však mobilní telefony Asus Zenfone 2 a Google Pixel 2 na kterých jsem prováděl samotnou instalaci a následné testování funkčnosti desktopových operačních systémů.

### 5.1 Asus ZenFone 2 (ZE551ML)

Asus ZenFone2 byl uveden na trh v lednu 2015. Telefon je dodáván s 5,5 palcovým dotykovým displejem s Full HD rozlišením (1920 x 1080 pixelů). Jako procesor je použit čtyřjádrový procesor Intel Atom Z3580 s frekvencí 2,3 GHz. Nabízí 4 GB dvoukanálové operační paměti DDR3. Obsahuje 32 GB interního úložiště, které lze rozšířit přidáním mikro SD karty až o 64 GB. Napájen je 3000 mAh vestavěnou baterií.

Pro komunikaci můžeme využít sítě WiFi, Bluetooth, nebo NFC. ZenFone 2 disponuje také přijímačem pro rozhlasové vysílání (FM). Nechybí zde ani GPS. Podporuje mobilní sítě 3G a 4G LTE. Obsahuje mnoho senzorů, jako například kompas, akcelerometr, gyroskop, a jiné. ZenFone 2 je dodáván s operačním systémem Android 5.0 Lollipop s uživatelským rozhraním ZenUI.

Dnes se již tento mobilní telefon přestal prodávat na tuzemském trhu. Asus Zenfone 2 je však možné koupit přes zahraniční e-shopy či bazary [38, 39].

### 5.2 Google Pixel 2

Google Pixel 2 byl uveden na trh v říjnu 2017. Telefon je dodáván s AMOLED kapacitním dotykovým displejem s FullHD rozlišením (1920 x 1080 pixelů) s poměrem stran 16:9. Jako procesor je použit 8jádrový Qualcomm MSM8998 Snapdragon 835 (10 nm) s taktovací frekvencí 2,4 GHz. Vybaven je i grafickým procesorem (GPU) Adreno 540. Nabízí 4 GB operační paměti a 64 GB interního úložiště. Napájen je vestavěnou baterií s kapacitou 2700 mAh.

V telefonu je k dispozici slot pro vložení nano-SIM karty. Umožňuje také technologii eSIM. Oproti jiným telefonům zde chybí slot pro externí kartu, k rozšíření kapacity úložiště telefonu. Pro komunikaci můžeme využít sítě WiFi, Bluetooth, nebo NFC. Pro lokalizaci polohy můžeme využít GPS. Podporuje mobilní sítě 3G a 4G LTE. Obsahuje mnoho senzorů, jako například kompas, akcelerometr, gyroskop, světelný senzor a jiné. U tohoto telefonu je také k dispozici nový konektor USB-C. Google Pixel 2 je dodáván s operačním systémem Android 8.0 (Oreo) s možností instalace Android 9.0 (Pie) [40].

Dnes můžeme tento mobilní telefon zakoupit na mnoha internetových e-shopech a kamenných prodejnách. Cena tohoto telefonu se pohybuje okolo 12 tisíc korun českých. Internetový e-shop Alza.cz tento telefon prodává za 11 990,- Kč [41].

### 5.3 Samsung Galaxy S7

Samsung Galaxy S7 byl uveden na trh v únoru 2016. Telefon je dodáván s 5,1 palcovým dotykovým Quad-HD displejem s rozlišením 2560 x 1440 pixelů. Jako procesor je použit osmijádrový procesor Samsung Exynos 8890 s frekvencí 4 x 2,3 GHz a 4 x 1,6 GHz. Vybaven je i grafickým procesorem (GPU) ARM Mali-T880. Nabízí 4 GB operační paměti DDR4. Obsahuje 32 GB interní úložiště, které lze rozšířit přidáním mikro SD karty s maximální kapacitou 64 GB. Napájen je 3000 mAh vestavěnou baterií. Samsung Galaxy S7 nabízí možnost bezdrátového nabíjení. U tohoto telefonu je také k dispozici nový konektor USB-C.

Pro komunikaci můžeme využít sítě WiFi, Bluetooth, nebo NFC. Telefon disponuje také přijímačem pro rozhlasové vysílání (FM). Nechybí zde ani GPS. Podporuje mobilní sítě 3G a 4G LTE. Obsahuje mnoho senzorů, jako například kompas, akcelerometr, gyroskop, světelný senzor, a jiné. Dnes je Samsung Galaxy S7 dodáván s operačním systémem Android 6.0 Marshmallow s nadstavbou TouchWiz [42].

### 5.4 Nokia Lumia 950 XL

Nokia Lumia 950 XL je mobilní telefon od firmy Microsoft Corporation. Vydán byl roku 2015 a v té době to byl nejlepší mobilní telefon od firmy Microsoft Corporation. Lumia 950 XL používá jako operační systém Windows 10 Mobile. Dodáván je s dotykovým, kapacitním AMOLED displejem o velikosti 5,7 palců s rozlišením 2560 x 1440 px. Poháněn je osmijádrovým ARM procesorem Snapdragon 810 s taktovací frekvencí 4 x 2 GHz + 4 x 1,5 GHz. Obsahuje 3 GB operační paměti RAM a 32 GB interního úložiště s možností rozšíření kapacity přidáním mikro SD karty. Napájen je baterií s kapacitou 3340 mAh s možností bezdrátového nabíjení. U tohoto telefonu je také k dispozici nový konektor USB-C.

Pro komunikaci můžeme využít sítě WiFi, Bluetooth, nebo NFC. Telefon disponuje také přijímačem pro rozhlasové vysílání (FM). Nechybí zde ani GPS. Podporuje mobilní sítě 3G a 4G LTE. Obsahuje mnoho senzorů, jako například kompas, akcelerometr, gyroskop, světelný senzor, a jiné.

Na tento mobilní telefon můžeme místo operační systém Windows 10 Mobile nainstalovat desktopový operační systém Windows 10. V případě instalace tohoto nového operačního systému budou nefunkční některé funkce mobilního telefonu jako například fotoaparát, GPS navigace a další [43, 44].

## 5.5 Motorola Atrix

Motorola Atrix je jeden z méně výkonných telefonů, který umožňuje instalaci desktopových operačních systémů. Tento telefon vyrobila společnost Motorola Inc. a na trh byl uveden roku v červnu 2011. Je poháněn procesorem Nvidia Tegra 2 (2 x Cortex-A9) s taktovací frekvencí 1 GHz vyrobený 40nm technologií. K dispozici má 1 GB operační paměti RAM a 16 GB interního úložiště. K dispozici je u tohoto telefonu i port pro přidání mikro SD karty, kterou lze rozšířit stávající kapacitu úložiště. Napájen je baterií s kapacitou 1930 mAh. Pro nabíjení slouží mikro USB port typu B.

Displej tohoto zařízení je kapacitní TFT LDC s úhlopříčkou 4 palce. Tento displej má rozlišení pouze 960 x 530 pixelů. Pro komunikaci můžeme využít sítě WiFi nebo Bluetooth. Motorola disponuje také přijímačem pro rozhlasové vysílání (FM). Nechybí zde ani GPS. Podporuje mobilní sítě 3G a 4G LTE. Obsahuje mnoho senzorů, jako například kompas, akcelerometr, gyroskop, a jiné.

Motorola Atrix byla dodávána s operačním systémem Android 2.2 Froyo. Dnes už tento telefon není k dostání na tuzemském trhu [52, 53].



## 6 Instalace desktopových operačních systémů na mobilní zařízení

Pro instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení jsem zvolil virtualizační nástroje QEMU a KVM. Instalace pomocí těchto nástrojů vyžaduje stažení potřebného nástroje, který umožní chod desktopového operačního systému na mobilním zařízení. Pro samotnou instalaci jsem zvolil volně dostupné aplikace Limbo PC Emulator, Linux Deploy a další pomocné aplikace. Pro instalaci a následné testování jsem zvolil mobilní telefony Google Pixel 2 a Asus Zenfone 2.

### 6.1 Virtualizační nástroj Limbo PC Emulator

Limbo PC Emulator je open-source emulační nástroj pro mobilní telefony s operačním systémem Android. Tento emulátor je založen na takzvané hardwarové emulaci. Vychází z virtualizačního nástroje QEMU, který je kompatibilní s Android knihovnami. Aplikace dovede emulovat většinu operačních systémů jako například systémy Windows či Linux. V současné době může aplikace emulovat systémy pro procesory založené na platformě Intel x86 nebo ARM jako jsou Linux, Debian, Fedora a jiné. Je doporučeno používat takzvané „odlehčené“ verze operačních systémů. U plnohodnotných systémů se může stát, že budou příliš náročné pro mobilní zařízení (velké vytížení RAM, CPU, aj.). V důsledku toho se může operační systém zasekávat a nemusí fungovat plynule. Limbo PC Emulator je volně dostupný ve 4 verzích:

1. Limbo x86 PC Emulator (určený pro procesory Intel a ARM)
2. Limbo ARM Emulator (určený pro procesory ARM)
3. Limbo PowerPC Emulator
4. Limbo Sparc Emulator

Pro lepší ovládání operačních systémů vývojáři doporučují nainstalování rozšířené klávesnice „Hacker’s Keyboard“, kterou je možné stáhnout z následujícího odkazu [71]. Tato klávesnice vypadá a funguje podobně jako klasická počítačová klávesnice. Obsahuje dodatečná tlačítka pro ovládání systému jako například funkční klávesy F1-F12, CTRL, ENTER, šipky, a jiné. Se standardní klávesnicí, která je dostupná v každém telefonu není možné plně ovládat daný systém. Tato klávesnice je volně dostupná, proto může být instalována do mobilního zařízení bez dalších poplatků. Instalační balíček si lze stáhnout z následujícího odkazu [69] [54].

#### 6.1.1 Instalace systému Windows 95

Jako testovací zařízení pro instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení jsem zvolil 2 typy mobilních telefonů: Asus Zenfone 2 a Google Pixel 2. Oba tyto telefony splňují mi-

nimální požadavky pro spuštění emulačního nástroje Limbo PC Emulator a následnou instalaci běžně dostupných operačních systémů jako jsou systémy Windows a Linux.

Jako první krok se musíme připojit k internetu a stáhnout si výše zmíněný emulační nástroj Limbo x86 PC Emulator (pro Asus Zenfone 2) nebo Limbo ARM Emulator (pro Google Pixel 2) z následujícího odkazu [69]. Po nainstalování aplikace je potřeba si stáhnout obraz disku námi zvoleného operačního systému, který chceme nainstalovat. Obraz disku operačního systému Windows 95 si můžeme stáhnout z tohoto odkazu [70]. Limbo PC Emulator umožňuje spouštět 2 typy obrazů: obraz pevného disku (.IMG) a obraz disku CD-ROM (.ISO). Stáhnout si můžeme již nainstalovaný obraz disku, který už nemusíme instalovat. Pouze jej spustíme a můžeme pracovat se systémem. Druhá možnost je stáhnout si instalační soubor systému a systém manuálně nainstalovat. Při instalaci emulátoru si tato aplikace vytvoří složku /limbo, ve které si uchovává veškeré soubory. Je dobré si stáhnutý obraz disku systému uložit či zkopírovat právě do této složky.

Jakmile máme stažený potřebný obraz disku systému, můžeme otevřít aplikaci Limbo PC Emulator a začít nastavovat parametry pro daný systém. Po spuštění aplikace se nám objeví hlavní konfigurační stránka aplikace. Nastavujeme zde parametry jako například architekturu procesoru, paměť RAM, uživatelské rozhraní, zaváděcí disk a podobně. V závislosti na různých operačních systémech nastavujeme potřebnou konfiguraci. Pro zjednodušení uvedu pouze případ konfigurace pro spuštění systému Windows 95 která je zobrazena v tabulce 8.

Tabulka 8: Potřebná konfigurace pro spuštění Windows 95

Volba	Potřebné nastavení
Architektura	x86
Typ zařízení	PC
Emulační nástroj	QEMU32
Počet jader procesoru	1
Velikost paměti RAM	512 MB
Datové úložiště	Hard disk A (cesta ke staženému obrazu disku)
VGA display	STD
Síťové nastavení	Uživatelské
DNS Server	8.8.8.8
Zaváděcí zařízení (bootloader)	Hard Disk A
Uživatelské rozhraní	SDL
Orientace obrazovky	Landscape (orientace na šířku)
Další nastavení	Povolení režimu celé obrazovky, vysoká priorita

Po správném nastavení výše uvedených parametrů je možné spustit vybraný operační systém. Operační systém spustíme tlačítkem start. Po stisknutí tohoto tlačítka se nám již začne načítat systém, s kterým můžeme pracovat.



## 6.2 Instalace operačních systémů Linux

Pro instalování operačních systémů Linux na mobilní zařízení je nutné mít takzvaně „rootlý telefon“ to znamená, že musíme mít administrátorská práva (root access). Potřebujeme mít přístup k root adresáři telefonu. Tyto práva vyžadují aplikace potřebné pro instalaci systému. Bez nich nemůžeme zvolit tuto metodu instalace.

Pokud již máme potřebná administrátorská práva telefonu, můžeme si stáhnout 3 aplikace, které nám umožní instalaci a používání systému. Jako první budeme potřebovat aplikaci BusyBox, která nám poskytne základní funkční příkazy pro ovládání systému. Dále potřebujeme aplikaci Linux Deploy, která nám stáhne balíček zvoleného operačního systému. Jako poslední je nutné mít nainstalovanou nějakou aplikaci, která nám umožní připojení přes vzdálenou plochu, abychom mohli vidět co se děje v systému a mohli jej ovládat. Pro tento účel jsem zvolil aplikaci VNC Viewer. Všechny tyto aplikace můžeme nalézt na Google play nebo navštívit oficiální stránky každé aplikace, odkud si je můžeme stáhnout do svého zařízení. Pro instalaci a následné testování jsem zvolil mobilní telefony Google Pixel 2 a Asus Zenfone 2.

### 6.2.1 BusyBox

Jedná se o příkazový procesor, který v sobě kombinuje základní unixové příkazy a programy, do jednoho spustitelného souboru. Tento program je volně šiřitelný pod licencí GNU-GPL. Poskytuje náhradu za běžně dostupné funkce volně šiřitelných systémů GNU jako jsou systémy Linux. Tyto funkce jsou však omezené. Oproti plnohodnotným funkcím systémů GNU nabízejí pouze základní funkce pro správu operačního systému. Program se dá velice snadno přizpůsobit požadavkům uživatele a systému. Můžeme do něj přidávat či ubírat funkce pro správu systému. Pro spuštění a používání této aplikace je nutné mít administrátorská práva.

Cílem návrhu této aplikace bylo vytvořit všestranný malý program, který se v kombinaci s linuxovým jádrem, bez potřeby dalších programů bude blížit použitelnosti běžného systému, ale vzhledem k malým nárokům bude dobře použitelný ve vestavěných systémech [55, 56].

BusyBox si můžeme stáhnout z tohoto odkazu [72].

### 6.2.2 Linux Deploy

Tato aplikace byla navržena pro snadnější instalaci operačního systému Linux na mobilní zařízení s operačním systémem Android. Aplikace je volně šiřitelná pod licencí GNU-GPL. Aplikace vytváří v Android systému obraz disku zvoleného operačního systému, který stáhne z oficiálních stránek dané distribuce, popřípadě si uživatel zvolí zdroj stahování sám, a nainstaluje jej. Je nutné, aby měla aplikace administrátorská práva a přístup k internetu.

V aplikaci je možno vybírat z mnoha Linuxových distribucí jako je například Debian, Fedora, CentOS, a další. Podle použitého zařízení se dá vybrat architektura, která je zařízením podporována. Umožňuje instalaci dodatkových funkcí jako například službu SSH server, telnet, nebo

VNC server. Instalace systému probíhá zcela automaticky. Uživatel nemusí do této instalace nijak zasahovat. Postup instalace se pravidelně vypisuje v hlavním okně aplikace.

Samotná instalace systému trvá okolo 15 minut. Doporučuje se používat minimální velikost obrazu disku systému 1024 MB. Pokud instalujeme systém na disk naformátovaný formátem FAT32 nesmí tento obraz disku přesáhnout velikost 4095 MB, jinak nebude možno na takto formátovaný disk systém nainstalovat. Tento limit vychází z definice souborového systému FAT32 [57].

Aplikaci si můžeme stáhnout například z Google play [73] nebo z Githubu [74].

### 6.2.3 VNC Viewer

VNC (Virtual Network Computing) je grafický program, který slouží pro vzdálený přístup k uživatelskému rozhraní počítače. Pracuje na bázi klient-server. Uživatel (klient) se tedy vzdáleně připojuje na uživatelskou plochu VNC serveru. Spojení je realizováno přes protokol RFB (Remote FrameBuffer). Využívá se zde protokol TCP s porty 5900 až 5906. Jednotlivé porty slouží pro oddělení jednotlivých obrazovek. Můžeme jej využít pro připojení na běžně dostupné operační systémy jakou jsou Windows, Linux, MAC OS a další.

Aplikace VNC Viewer pro operační systém Android nám umožňuje připojit se k nainstalovanému systému přes aplikaci Linux deploy. Při instalaci systému musí být zaškrtnuta volba doinstalování VNC serveru, aby bylo možné se na tento systém připojit. V aplikaci stačí zadat IP adresu serveru a port, na který se chceme připojit. Po připojení je ještě nutné zadat přihlašovací údaje. Můžeme si také uložit všechna připojení pro pozdější použití.

Po připojení na vzdálenou plochu můžeme k ovládání systému použít virtuální klávesnici a dotykovou obrazovku mobilního zařízení pro ovládání kurzoru myši. Po připojení hardwarové klávesnice můžeme pracovat téměř stejně jako kdybychom pracovali na fyzickém počítači [75].

Aplikaci si můžeme stáhnout například z Google play na následující adrese [75].

### 6.2.4 Odemčení zavaděče systému (Bootloaderu)

Odemknutím zavaděče systému umožní instalaci vlastních ROM do telefonu. To znamená, že budeme moci do telefonu nainstalovat neoficiální verze operačního systému Android. Pro instalaci operačního systému Linux potřebujeme přehrát takzvaný kernel mobilního telefonu, který umožňuje virtualizaci systému. Bez odemknutého zavaděče bychom tento kernel nemohli přehrát.

**6.2.4.1 Zobrazení nastavení „možností vývojáře“ v systému Android** Abychom mohli telefon ovládat přes počítač musíme si v nastavení povolit „ladění přes USB“, které se nachází v nastavení „možnosti vývojáře“. Tyto možnosti jsou ve výchozím stavu skryty a je nutno je nejdříve zobrazit. Zobrazení provedeme následujícím postupem:

1. Otevřeme nastavení telefonu

2. Přejdeme do záložky „o systému“
3. Najdeme možnost „informace o softwaru“
4. 7 krát klikneme na možnost „číslo sestavení“

Po tomto postupu se objeví hláška, že jsme se stali vývojářem. Nyní již máme kartu „možnosti vývojáře“ k dispozici. Přejdeme do této karty a povolíme si možnost „Ladění přes USB“. Jakmile máme tuto možnost povolenou můžeme přejít k samotnému odemknutí zavaděče systému.

**6.2.4.2 Odemčení zavaděče telefonu Asus ZenFone 2** Nejprve je nutné si podle výše zmíněného postupu (kapitola 6.2.4.1) zobrazit v nastavení „možnosti vývojáře“ a povolit si možnost „Ladění přes USB“. Pro odemknutí zavaděče na telefonu Asus Zenfone 2 budeme potřebovat počítač, do kterého si stáhneme potřebný nástroj *ze551ml toolkit.zip* z následujícího odkazu [76]. Po stáhnutí tohoto archivu je třeba rozbalit jeho obsah do zvolené složky. Najdeme si soubor *ze551ml\_toolkit.bat* který spustíme jako správce. Připojíme mobilní telefon k počítači pomocí USB kabelu (pokud se mobilní telefon nezobrazí v systému počítače je nutné si doinstalovat USB ovladač) a budeme postupovat podle kroků na obrazovce. Nejdříve se nám vypíše úvodní hlášení, s kterým je nutné souhlasit. Tento krok provedeme zadáním příkazu **accept**. Pokud máme telefon připojený k počítači vypíší se nám základní informace o tomto připojeném telefonu a zobrazí se hlavní nabídka, ve které si zvolíme, co chceme s telefonem udělat. Pro odemknutí zavaděče telefonu si zvolíme možnost *Bootloader* zadáním příkazu **B**. A následně zvolíme možnost *Unlock bootloader* zadáním příkazu **U**. Úspěšné odemknutí zavaděče je signalizováno hláškou [59].

**6.2.4.3 Odemčení zavaděče telefonu Google Pixel 2** Nejprve je nutné si podle výše zmíněného postupu (kapitola 6.2.4.1) zobrazit v nastavení „možnosti vývojáře“ a povolit si možnost „Ladění přes USB“. Ke komunikaci s telefonem přes počítač budeme potřebovat nástroje *ADB* a *Fastboot*, které si můžeme stáhnout z následujícího odkazu [77].

Připojíme si telefon k počítači přes USB (Pokud systém nerozpozná zařízení, je nutné do počítače doinstalovat potřebné ovladače). Rozbalíme si stažený balík, a otevřeme si příkazový řádek, ve kterém si přejdeme do rozbaleného adresáře. Pro výpis připojených zařízení zadáme příkaz **adb devices**. Ve výpisu bychom měli vidět připojený Google Pixel 2. Pokud ve výpisu vidíme připojený telefon zadáme příkaz **adb reboot bootloader**. Po zadání tohoto příkazu se mobilní telefon restartuje do takzvaného „boot módu“.

V tomto režimu můžeme odemknout zavaděč. To provedeme příkazem **fastboot flashing unlock** nebo zadáním **fastboot flashing unlock\_critical**. Na telefonu se zobrazí nabídka, kde vybereme možnost **unlock the bootloader**. Po potvrzení se telefon restartuje. Pokud nedojde k restartování restartujeme jej manuálně nebo použitím příkazu **fastboot reboot**. Jakmile se telefon restartuje, máme odemknutý zavaděč systému. Při spouštění systému se nyní bude objevovat hlášení o tom, že máme odemknutý zavaděč systému a že může být narušena bezpečnost telefonu [60].

### 6.2.5 Získání administrátorských práv (Root)

Získání administrátorských práv k telefonu umožňuje získat plnou kontrolu nad mobilním telefonem. Můžeme s telefonem plně pracovat například provádět kompletní zálohu systému, instalovat a spouštět aplikace, které vyžadují administrátorská práva a další. Dále také máme přístup do takzvaného „Root“ adresáře telefonu nebo můžeme přes konzoli používat všechny příkazy k ovládání telefonu.

**6.2.5.1 Získání administrátorských práv pro telefon Asus ZenFone 2** Nejprve je nutné si podle výše zmíněného postupu (kapitola 6.2.4.1) zobrazit v nastavení „možnosti vývojáře“ a povolit si možnost „Ladění přes USB“. Stejně jako při odemčení zavadeče budeme využívat nástroj *ze551ml toolkit*.

Připojíme mobilní telefon k počítači přes USB kabel a otevřeme si soubor *ze551ml\_toolkit.bat* jako správce a potvrdíme úvodní hlášení příkazem **accept**. V nabídce si nyní zvolíme možnost *Root/Unroot device* zadáním příkazu **R**. Nyní máme na výběr 2 možnosti pro získání administrátorských práv a to možnost *Magisk (systemless, MagiskSU included)* nebo možnost *SuperSU (systemless)*. Zvolíme jednu z možností například druhou možnost zadáním příkazu **S** a počkáme, než se vypíše hláška o úspěšném ukončení [59].

**6.2.5.2 Získání administrátorských práv pro telefon Google Pixel 2** Pro získání administrátorských práv musíme mít odemčený zavadeč systému. Ten si odemkneme podle výše zmíněného postupu. Do počítače si stáhneme instalační balíček aplikace Magisk Manager APK [78] a takzvaný „factory image“, tedy obraz systému, který bude nahrávat do zařízení. Můžeme si jej stáhnout z následujícího odkazu [79]. Připojíme telefon k počítači přes USB. Oba stažené soubory nakopírujeme do vnitřního úložiště telefonu.

Přes průzkumníka souborů si v telefonu najdeme instalační balíček aplikace Magisk Manager APK a nainstalujeme aplikaci. Rozbalíme si archiv s obrazem systému. Spustíme aplikaci a v menu zvolíme možnost *Install*, dále vybereme možnost *Patch Boot Image File* a vybereme soubor *boot.img*, který najdeme v rozbalené složce. Po vybrání souboru musíme udělit oprávnění aplikaci, aby mohla procházet soubory. Oprávnění udělíme stiskem tlačítka *Allow*. Po přehrání tohoto souboru budeme mít takzvaný „root acces“, tedy administrátorská práva. Pro otestování, zda byl opravdu proveden „root“ telefonu můžeme použít aplikaci *Root checker* [58].

### 6.2.6 Postup instalace

Podle výše uvedeného postupu získáme administrátorská práva. Po tomto kroku si můžeme nainstalovat všechny potřebné aplikace. Jako první si spustíme aplikaci *BusyBox*. Po spuštění se objeví nabídka se třemi záložkami. Záložka *About BusyBox* obsahuje krátký text o tom, k čemu aplikace slouží a jak s ní pracovat. Dále pak jsou v nabídce záložky *Applet manager* a pro nás nejdůležitější karta *Install BusyBox*. Po rozkliknutí karty *Install Bussybox* začne aplikace

hledat dostupné funkce, které si poté tlačítkem *install* nainstalujeme do svého zařízení. Můžeme si zvolit cestu, kam se má instalovat. Po nainstalování funkcí můžeme přejít k dalšímu kroku.

Nyní si otevřeme aplikaci *Linux Deploy*. Po spuštění se objeví hlavní obrazovka, na které jsou uvedeny základní informace o aplikaci a postup pro instalaci a spuštění systému. V nabídce si můžeme vybrat záložku *Profiles* v které si vytvoříme profil, který si pojmenujeme a uložíme pro pozdější použití. V záložce *Settings* si nastavíme základní parametry aplikace hlavně parametry služeb, které budeme potřebovat jako například port pro připojení k ploše přes aplikaci VNC Viewer.

Před instalací si musíme nastavit, kterou distribuci budeme chtít nainstalovat a další parametry. Můžeme volit mnoho Linuxových distribucí jako například Ubuntu, Debian, Kali Linux, a jiné. Já jsem zvolil distribuci Ubuntu. Dále zde nastavíme zdrojovou URL adresu, ze které chceme, aby se systém stáhl. Můžeme nechat nastaveno na výchozí stránku <http://ports.ubuntu.com>. Dále si zvolíme cestu, kam chceme systém nainstalovat. Můžeme si také zaškrtnout pole pro doinstalování další funkcí jako například SSH server. Abychom se mohli k systému připojit přes aplikaci VNC Viewer musíme si nastavit grafický systém na VNC. Pokud bychom použili jinou aplikaci k připojení zvolíme typ, s kterým bude daná aplikace fungovat. Nyní už jen stačí zadat přihlašovací údaje do systému (jméno a heslo) a tlačítkem *install* nainstalovat operační systém Linux.

Aplikace začne stahovat instalační balíky ze zvolené adresy a nainstaluje je. Instalace trvá poměrně dlouho. Mezi hlavní důvody patří rychlost internetového připojení a výkon telefonu. Po stisku tlačítka *Install* probíhá instalace systému plně automaticky. Není nutné do ní nijak zasahovat a potvrzovat nějaké otázky. Jakmile je instalace dokončena tak si již můžeme spustit samotný systém pomocí tlačítka *Start*. Start systému je velmi rychlý. Objeví se hláška, že systém byl spuštěn. Máme již systém spuštěný, ale potřebujeme si jej ještě zobrazit přes aplikaci VNC Viewer, abychom mohli se systémem pracovat.

Po spuštění aplikace VNC Viewer si přidáme profil našeho spuštěného operačního systému. Zadáme adresu, na které je spuštěn (v našem případě localhost) a port, který jsme si nastavili. Tento profil si následně může uložit pro pozdější použití. V případě, že jsme vše nastavili správně, tak se nám zobrazí nově nainstalovaný systém, který již můžeme plně využívat. Systém, který jsem nainstaloval je odlehčenou verzí Ubuntu pouze se základními balíčky [61].

### 6.3 Instalace operačního systému Windows 7

Instalaci operačního systému Windows 7 jsem prováděl na mobilním telefonu Asus Zenfone 2. Díky procesoru Intel Atom, který pohání tento mobilní telefon je vhodný pro instalaci operačních systémů Windows. Proces přípravy a následného instalování operačního systému Windows 7 je poměrně náročný. Abychom mohli nainstalovat Windows, potřebujeme k tomu funkční operační systém Linux. Proto je tento proces téměř totožný s výše zmíněnou instalací operačního systému Linux. Pro instalaci operačního systému použijeme již známé aplikace jako jsou *BusyBox* a *Linux Deploy*. Protože pro instalaci operačního systému Windows nepotřebujeme grafické rozhraní

nemusíme si tedy stáhnout aplikaci VNC Viewer. V tomto případě použijeme pro připojení do systému SSH klienta. Nejlépe je možno využít osobního počítače, s operačním systémem Linux, kde již máme k dispozici SSH server i SSH klienta, nebo si můžeme stáhnout aplikaci pro jiné operační systémy například pro systém Windows program Putty. Na rozdíl od předchozí instalace však budeme potřebovat aplikaci *aSPICE* pro připojení do systému Windows 7.

### 6.3.1 aSPICE

Podobně jako aplikace VNC Viewer umožňuje aSPICE připojení do systému přes vzdálený přístup. Pracuje na principu klient-server. V systému je spuštěn takzvaný „spice server“, na který se mohou připojovat vzdálení „spice klienti“. Umožňuje vzdálený přístup pro virtuální počítače, přehrávání videa i zvuku, sdílení USB zařízení a sdílení souborů a adresářů. Pomocí této aplikace se můžeme připojit na virtualizovaný systém Windows 7.

Aplikaci aSpice si můžeme stáhnout například z Google Play [80].

### 6.3.2 Přehrání kernelu

Pro přehrání kernelu budeme potřebovat nástroj *TWRP* a *ADB*. TWRP si můžeme stáhnout z následujícího odkazu [86] a nástroj *ADB* z tohoto odkazu [77]. Do počítače si stáhneme potřebné nástroje pro přehrání kernelu. Nejprve si potřebujeme zobrazit nastavení „možnosti vývojáře“ na mobilním telefonu. V tomto nastavení povolíme „Ladění přes USB“. Toto nastavení zobrazíme postupem uvedeným v předchozích kapitolách. Pro přehrání je také nutný odemčený zavaděč systému a administrátorská práva. Podle výš uvedeného postupu odemkneme zavaděč a získáme administrátorská práva.

Na počítači si spustíme konzoli a přejdeme do složky, kde máme stažený nástroj *ADB*. Připojíme telefon Asus Zenfone 2 pomocí USB s počítačem. Zadáním příkazu `adb devices` se nám vypíší připojená zařízení. Ve výpisu bychom měli vidět náš připojený telefon. Zadáme příkaz `adb reboot bootloader`. Tím se nám telefon restartuje do módu pro zavádění systému. Jakmile je telefon restartován do požadovaného módu můžeme do telefonu nahrát nástroj TWRP. Nahrání provedeme příkazem `fastboot recovery [nazev souboru TWRP]` Po zadání tohoto příkazu se začne nahrávat nástroj do telefonu. Jakmile je proces dokončen stačí restartovat telefon do standardního módu.

Nyní si do počítače si stáhneme potřebný soubor s kernelem, který chceme přehrát. Pro další použití budeme potřebovat kernel, který umožňuje virtualizaci systému. V naše případě je to `boot_fhd_2.19_kvm_bridge_50150714.img.tar`, který si můžeme stáhnout z této adresy [81]. Nakopírujeme si stažený soubor s kernelem do telefonu. Pomocí nástroje ADB restartujeme mobilní telefon do takzvaného „recovery módu“. To provedeme zadáním příkazu `adb reboot recovery`. Nyní se telefon restartuje do tohoto módu. Tím, že jsme si do zařízení nahráli nástroj TWRP objeví se menu tohoto nástroje.

V nabídce vybereme možnost *Install*. Najdeme si stažený soubor s kernelem, který chceme přehrát a potvrdíme instalaci přetažením prstu po obrazovce zleva doprava. Nyní se začne přehrávat kernel. Po přehrání zvolíme možnost *Reboot system*. Nyní se telefon restartuje do normálního módu. Po těchto krocích již máme v telefonu nahraný nový kernel potřebný pro instalaci operačního systému Windows 7 [63, 64].

### 6.3.3 Postup instalace

Před samotnou instalací je potřeba získat administrátorská práva, odemknout zavaděč systému (bootloader), a přehrát nový kernel. Stejně jako při výše zmíněné instalaci operačního systému Linux si musíme přes aplikaci BusyBox doinstalovat do mobilního zařízení potřebné funkce a balíčky. Poté si spustíme aplikaci Linux Deploy, kde si vybereme nějakou distribuci Linuxu. V mém případě jsem zvolil distribuci Fedora a jako architekturu *x86\_64*. Dále jsem si nastavil cestu, kam se má systém nainstalovat a přihlašovací údaje. Je nutné si také zaškrtnout v možnostech volbu *Mounts - enable*, která nám umožní připojit si do systému adresáře a soubory našeho mobilního telefonu. Přidáme si tedy následující složky:

- Pro připojení interního úložiště zadáme cestu */storage/emulated/0*
- Pro připojení externího úložiště zadáme cestu */storage/microSD*

Nesmíme zapomenout zaškrtnout možnost instalace SSH serveru, abychom se mohli do systému přihlásit přes SSH klienta. Pokud máme vše nakonfigurováno můžeme spustit instalaci Linuxu. Instalace systému trvá poměrně dlouhou. Proto je dobré si v tomto čase stáhnout obraz disku systému Windows 7, ze kterého pak budeme instalovat celý tento systém. Stažený systém si uložíme na interního úložiště telefonu do adresáře, který jsme si připojili k instalaci systému Linux což je adresář */storage/emulated/0*.

Po úspěšné instalaci systému se nyní můžeme připojit do tohoto systému. Pomocí osobního počítače se přihlásíme na spuštěný SSH server. Jako SSH klienta jsem zvolil program *Putty* pro operační systém Windows. Do programu zadáme adresu, na kterém je spuštěn server a připojíme se. Pro připojení je nutné zadat přihlašovací údaje, které jsme si zadali před samotnou instalací systému. Jakmile jsme přihlášení, doinstalujeme si potřebné balíčky pro instalaci operačního systému Windows 7. Protože jsem si zvolil distribuci Fedora, budou následující příkazy určeny právě pro tuto distribuci. Budeme potřebovat následující balíčky: *qemu-kvm*, *qemu-img*, *samba*, které nainstalujeme pomocí příkazu `sudo yum install [nazev balicku]`. Můžeme si také doinstalovat textový editor *nano*, který budeme potřebovat pro vytvoření konfiguračního souboru pro emulátor, přes který bude možné systém Windows nainstalovat. Jakmile máme potřebné balíčky doinstalovány, můžeme přejít ke konfiguraci emulačního nástroje *qemu-kvm*.

Doporučuji se přihlásit jako administrátor pomocí příkazu `sudo su`. Přihlášení za administrátora nám zjednoduší celou práci, protože většina příkazů potřebuje administrátorská práva, aby jej bylo možné spustit (kdybychom psali příkazy jako klasický uživatel, museli bychom přidávat před každý příkaz `sudo`). Pomocí příkazu `cd /usr/bin` přejdeme do složky */usr/bin*, ve

které bychom měli mít naše doinstalované funkce. Zadáním příkazu `ls | grep qemu` se můžeme přesvědčit, zda máme k dispozici potřebné funkce, které jsou `qemu-img` a `qemu-system-x86_64`. Pokud je vše správně doinstalováno, měl by nám výpis ukázat právě tyto položky a ještě pár dalších. Pomocí příkazu `qemu-img create -f raw /storage/emulated/0/machine1.img 16G` si vytvoříme prázdný obraz disku, na který budeme moci nainstalovat operační systém Windows 7. Vytvoříme si konfigurační soubor (skript) pro spuštění QEMU emulátoru pro instalaci systému Windows 7 následujícím příkazem `nano start_win7.sh`. Do souboru napíšeme následující konfiguraci:

---

```
#!/bin/bash
qemu-system-x86_64 -full-screen -m 1G -enable-kvm -cpu host -drive file=/
    storage/emulated/0/machine1.img,format=raw -boot menu=on -smp 4 -vga qxl -
    monitor stdio -balloon virtio -soundhw hda -net nic,model=virtio -net user,
    smb=/storage/emulated/0 -spice port=5900,addr=127.0.0.1,disable-ticketing
$@
```

---

Výpis 1: Obsah souboru `start_win7.sh`

Vysvětlivky k výše uvedené konfiguraci:

`#!/bin/bash` vytvoření skriptu pro spuštění emulátoru

`qemu-system-x86_64` název souboru, který spouští QEMU emulátor

`-full-screen` povolení režimu celé obrazovky

`-m 1G` přidělení 1 GB paměti pro emulační nástroj a systém Windows 7

`-enable-kvm` povolení emulátoru KVM

`-cpu host` použití stejných informací procesoru jako mobilní telefon (Asus Zenfone 2)

`-drive file= file=/storage/emulated/0/machine1.img` nově vytvořený obraz disku, na který se budeme instalovat systém Windows 7 (tím, že jsme si při instalaci připojili cestu k souborům mobilního telefonu, můžeme systém nainstalovat do interního úložiště telefonu /storage/emulated/0)

`-boot menu=on` povolíme nabídku pro zavádění systému (boot), díky které můžeme spustit instalační soubor systému Windows 7 (podobné stisknutí klávesy F12 na osobním počítači).

`-smp 4` nastavení emulátoru pro použití 4 jader procesoru

`-vga qxl` nastavení pro použití VGA QXL adaptéru



- monitor studio** povolení režimu sledování (umožňuje ovládání emulátoru pomocí konzole pro průběžné ovládání emulátoru)
  - balloon virtio** povolení funkce Virtio Balloon v emulátoru KVM
  - soundhw hda** použití Intel HD Audio ovladače pro přehrávání zvuku
  - net nic,model=virtio** vytvoření síťové karty pro vstupně výstupní zařízení emulátoru KVM
  - net user,smb=/storage/emulated/0** vytvoření sdílené složky pro ukládání souborů do interního úložiště telefonu
  - spice port=5900,addr=127.0.0.1,disable-ticketing** spuštění a nastavení serveru Spice, přes který se do systému připojíme.
- \$@** zadání dalších argumentů pro spuštění tohoto skriptu.

Jakmile máme vytvořený soubor pro spuštění musíme povolit patřičná oprávnění. Nejdříve je nutné přidat oprávnění souboru *qemu-systém-x86\_64*, tímto příkazem `chmod a+s /qemu-system-x86_64` a dále také oprávnění pro spuštění našeho konfiguračního souboru *start\_win7.sh* příkazem `chmod +x start_win7.sh`. Po udělení patřičných oprávnění již můžeme spustit náš soubor pro spuštění instalace systému Windows 7. Spustíme jej následujícím příkazem `./start_win7.sh -cdrom /storage/emulated/0/en_windows_7_home_premium_x86_dvd.iso`. Pokud jsme vše nakonfigurovali správně měl by nám emulátor vypsát hlášku *QEMU 2.3.0 monitor - type 'help' for more information (qemu)*. Když se tato hláška neobjeví, je to známka toho, že jsme něco udělali špatně.

Nyní si můžeme spustit aplikaci aSPICE, přes kterou se přihlásíme do systému Windows 7. Po otevření aplikace se nám zobrazí hlavní nabídka, kde si vybereme nové spojení. Typ spojení necháme ve výchozím nastavení na *SPICE*. Zadáme IP adresu a port, na které je spuštěn náš emulovaný systém tj. *127.0.0.1* nebo *localhost* a port 5900. Rozklikneme si pokročilá nastavení stisknutím tlačítka *Show advanced settings - OFF*. V nabídce zaškrtneme možnost *Enable sound*, která povoluje zvuky. Nyní už jen stačí kliknout na tlačítko *Connect*, díky kterému se připojíme k našemu systému Windows 7. Při prvním spuštění musíme nejdříve samotný systém nainstalovat. Postup instalace systému je stejný jako kdybychom jej instalovali na klasický osobní počítač. Po nainstalování systému jej můžeme začít používat [62].



## 7 Testování operačních systémů a mobilních zařízení

V této kapitole jsou popsány a otestovány nově nainstalované desktopové operační systémy na mobilní telefony Asus Zenfon 2 a Google Pixel 2. Jsou zde ukázány výsledky testů výkonu obou zmíněných mobilních telefonů. Otestovány jsou operační systémy Windows 95, Linux a Windows 7.

### 7.1 Testování výkonu mobilních zařízení pomocí aplikace AnTuTu Benchmark

Jako testovací nástroj výkonu telefonu jsem zvolil aplikaci AnTuTu Benchmark v7.1.7. Tato aplikace je volně dostupná například na stránkách Google Play [89]. Tato aplikace se využívá pro testování výkonu mobilních zařízení s operačním systémem Android. Testuje několik aspektů mobilního zařízení jako jsou výkon procesoru (CPU), grafického procesoru (GPU), rychlost paměti RAM a ROM (MEM). Aplikace také hodnotí stánku pohledu uživatele na testované zařízení (UX). Každá kategorie je vyhodnocená zvlášť a jsou k dispozici také celkové body pro všechny kategorie a umístění zařízení v žebříčku.

#### 7.1.1 Testování výkonu mobilního telefonu Asus Zenfone 2

Výsledky testu mobilního telefonu Asus Zenfone 2 můžeme vidět v tabulce 9. Testování bylo provedeno v jednotlivých sekcích. Byl otestován výkon procesoru (CPU), grafického procesoru (GPU), hodnocení uživatelů (UX) a paměť zařízení (MEM). Sečtením všech hodnot jednotlivých kategorií se dospělo k celkovému výsledku testu V tabulce 10 je pořadí různých testovaných zařízení. Z tabulky vidíme, že náš testovaný mobilní telefon Asus ZenFone 2 se umístil v žebříčku na 51. pozici (Testování provedeno 6. dubna 2019). V tabulce 11 můžeme vidět porovnání námi testovaného telefonu s telefonem Google Pixel 2, který byl také použit při tvorbě této práce. Porovnání hodnot bylo provedeno na základě průměrných hodnot všech testovaných telefonů značky Google Pixel 2, nikoliv skutečné výsledky, kterých bylo dosaženo na telefonu použitého k tvorbě této práce.

Všechny tabulky byly vytvořeny na základě přiložených obrázků. Tyto obrázky jsou součástí příloh této práce. Jedná se o obrázky 12, 13, 14.

Tabulka 9: Výsledky testu výkonu mobilního telefonu Asus Zenfone 2

Testované zařízení	Výsledek tetu
<b>Celkový výsledek testu (UX)</b>	<b>65979</b>
Procesor (CPU)	32135
Grafický procesor (GPU)	9694
Uživatelské hodnocení (UX)	18882
Paměť (MEM)	5268

Tabulka 10: Tabulka umístění v žebříčku pro mobilní telefon Asus Zenfone 2

Testované zařízení	Výsledek tetu
...	...
HUAWEI Mate 10 Pro	45
HONOR Play	46
HONOR V10	47
HONOR 10	48
HUAWEI nova 3	49
Samsung Note8 (SDM835)	50
<b>ASUS_Z00AD (Asus Zenfo 2)</b>	<b>51</b>
...	...

Tabulka 11: Srovnání výsledků telefonů Asus Zenfone 2 a Google Pixel 2

Google Pixel 2	porovnávaný parametr	Asus Zenfone 2
<b>212005</b>	<b>Celkový výsledek testu (UX)</b>	<b>65979</b>
71077	Procesor (CPU)	32135
89029	Grafický procesor (GPU)	9694
43761	Uživatelské hodnocení (UX)	18882
8138	Paměť (MEM)	5268

### 7.1.2 Testování výkonu mobilního telefonu Google Pixel 2

Výsledky testu mobilního telefonu Google Pixel 2 můžeme vidět v tabulce 12. Testování bylo provedeno v jednotlivých sekcích. Byl otestován výkon procesoru (CPU), grafického procesoru (GPU), hodnocení uživatelů (UX) a paměť zařízení (MEM). Sečtením všech hodnot jednotlivých kategorií se dospělo k celkovému výsledku testu. V tabulce 13 je možné vidět celkové umístění telefonu Google Pixel 2 v žebříčku testovaných zařízení. Google Pixel 2 se umístil na 37. pozici (Testování provedeno 6. dubna 2019). Z tabulky 11 uvedené v předchozí kapitole si můžeme srovnat výkony obou testovaných zařízení.

Všechny uvedené tabulky byly vytvořeny na základě obrázků testů telefonu, které jsou součástí příloh této práce. Konkrétně se jedná o obrázky 15, 16.

Tabulka 12: Výsledky testu výkonu mobilního telefonu Google Pixel 2

Testované zařízení	Výsledek tetu
<b>Celkový výsledek testu (UX)</b>	<b>218034</b>
Procesor (CPU)	73119
Grafický procesor (GPU)	92743
Uživatelské hodnocení (UX)	43784
Paměť (MEM)	8388

Tabulka 13: Tabulka umístění v žebříčku pro mobilní telefon Google Pixel 2

Testované zařízení	Výsledek tetu
...	...
LG V40 ThinQ	33
Samsung S9+ (9810)	34
Samsung Note9 (9810)	35
Samsung S9 (9810)	36
<b>Google Pixel 2</b>	<b>37</b>
Google Pixel 2 XL	38
...	...

## 7.2 Testování systému Windows 95

Jako testovaný systém jsem zvolil Windows 95. Tento operační systém je jeden z prvních systémů firmy Microsoft. V dnešní době je už velice zastaralý. Na trhu nyní převládají novější systémy jako jsou Windows 7, 8, nebo 10. Tento operační systém jsem si zvolil pro testování z důvodu, že je daleko méně náročný než dnes běžně používané systémy. Proto je vhodný pro virtualizaci na mobilních zařízeních.

### 7.2.1 Testování systému na telefonu Asus Zenfone 2

Start systému na tomto telefonu byl poměrně pomalý. Do úplného načtení trval start přibližně 2-3 minuty. Ihned po startu bylo jasné, že výkon telefonu není dostačující na plynulé ovládání tohoto systému. Práce systému nebyla příliš optimální pro praktické využití, z důvodů velké odezvy při práci s grafickým uživatelským rozhraním. Aplikace Limbo PC Emulator umožňuje funkci stisku pravého tlačítka myši stisknutím hardwarového tlačítka mobilního telefonu sloužící pro ztlumení hlasitosti.

Spouštění a načítání programů je velice zdoluhavé. Byly otestovány programy jako je průzkumník souborů, textový editor, malování, hra hledání min, a jiné. U všech těchto programů

trval start mezi 15-30 sekundami. V textovém editoru *notepad.exe* jsem vyzkoušel funkci virtuální klávesnice. Jako klávesnici jsem si nainstaloval *Hacker's Keyboard*, pomocí které se dá lépe ovládat virtualizovaný systém. Při použití virtuální klávesnice překryje tato klávesnice téměř celou spodní polovinu obrazovky. Z tohoto důvodu je prakticky nepoužitelné používání virtuální klávesnice v této Aplikaci. Doporučuji připojit hardwarovou klávesnici k mobilnímu telefonu a systém ovládat právě pomocí této klávesnice.

V aplikaci Limbo PC Emulator máme možnost připojení obrazu disku (\*.img). Můžeme si tedy vytvořit vlastní obraz disku s programy a aplikacemi, které chceme do operačního systému Windows 95 doinstalovat. K souborům na tomto disku se dostaneme pomocí průzkumníka souborů pod označením disku CD-ROM. Potřebné soubory a programy si můžeme přepokopírovat do systému a případně doinstalovat nové programy. Této možnosti jsem využil při instalaci programu pro testování výkonu zařízení.

Po spuštění příkazové řádky *cmd.exe* se náhle zvětší obrazovka tak, že nejde vidět pravá polovina obrazovky. Takto roztažená obrazovka již nejde vrátit do původního stavu, tento stav se dá vrátit zpět pouze restartem systému. Toto však není chyba systému, ale použitého obrazu disku, přes který je operační systém spuštěn.

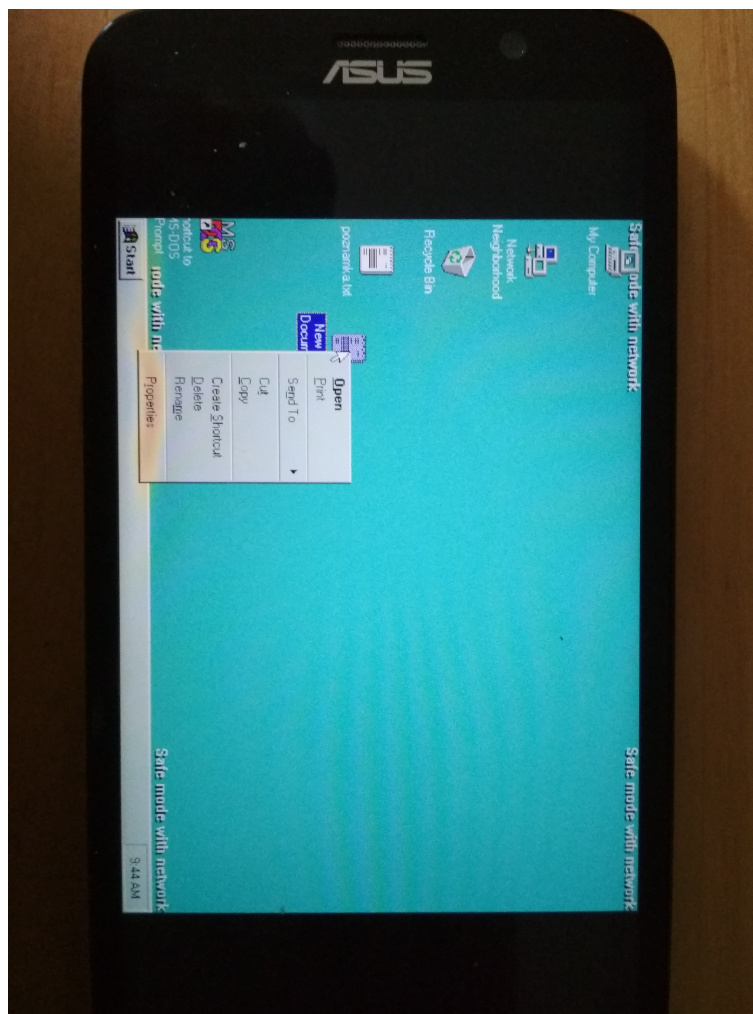
Na obrázku 8 můžeme vidět nainstalovaný systém Windows 95 na mobilním telefonu Asus Zenfone 2.

### 7.2.2 Testování systému na telefonu Google Pixel 2

Start systému na telefonu Google Pixel 2 byl podstatně rychlejší než na předešlém telefonu Asus Zenfone 2. Samotný start systému trval mezi 15-30 sekundami. Rychlost načítání se dala očekávat s přihlédnutím na testy výkonu obou telefonů. Na tomto telefonu pracuje systém plynule. Nezasekává se a netrhá se obraz při pohybu myši. Rychlost je srovnatelná s rychlostí na systému jako kdyby pracoval na osobním počítači.

Spuštění programů a funkcí systému je také velmi rychlé. Ovládání přes mobilní telefon Google Pixel 2 je podstatně jednodušší než v předchozím testu. Byly otestovány programy jako průzkumník souborů, textový editor, malování, hra Solitaire a další. Stejně jako v předchozím testu jsem vyzkoušel editaci textu přes virtuální klávesnici *Hacker's Keyboard*, která disponuje více funkcemi, než klasická virtuální klávesnice. Při použití této virtuální klávesnice překryje tato klávesnice spodní polovinu obrazovky a nevidíme, co píšeme. Oproti jiným nástrojům pro virtualizaci systému neumožňuje aplikace Limbo PC Emulator rozšíření obrazovky. Tato funkce by zde byla vhodná, aby virtuální klávesnice nezakrývala část obrazovky systému.

Po připojení hardwarové klávesnice a myši již tento problém nemusíme řešit. Systém se dá takto ovládat, jako kdybychom jej měli nainstalovaný na běžném osobním počítači. V operačním systému Windows 95 není k dispozici internetové připojení a zvukový adaptér. Nejdou tedy přehrávat žádné zvuky. Stejně jako v předchozím testu, při spuštění příkazového řádku se náhle zvětší obrazovka a tento stav lze vrátit pouze restartem systému. Toto ovšem není chyba systému, ale obrazu disku, z kterého byl operační systém nainstalován.



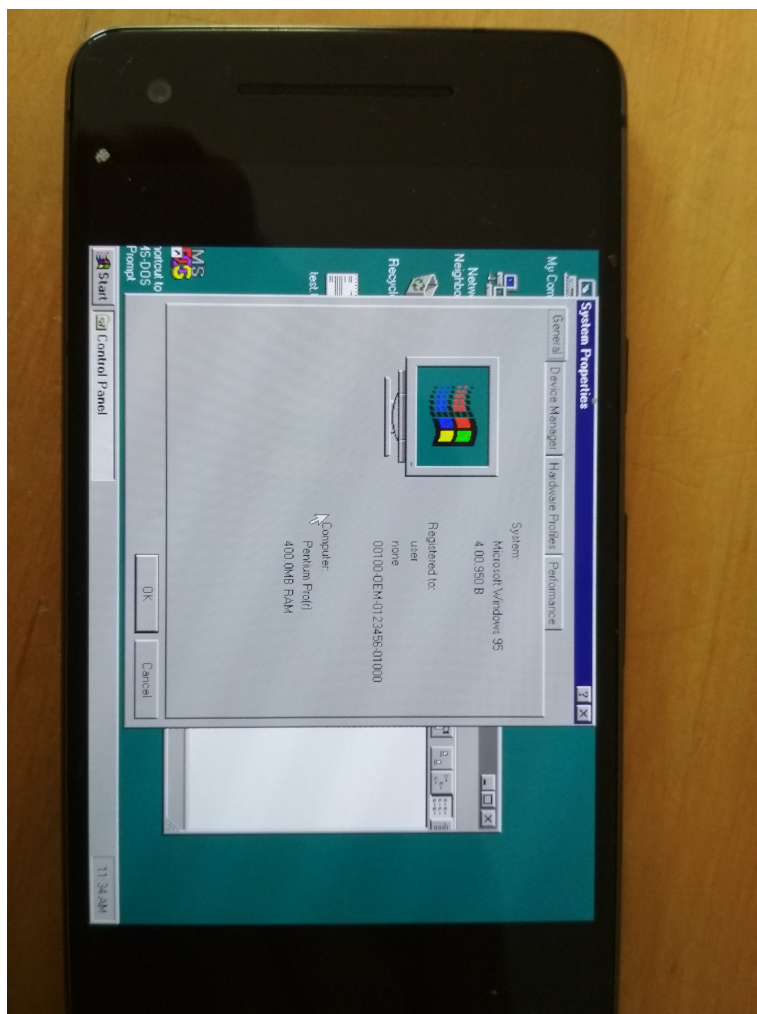
Obrázek 8: Windows 95 na telefonu Asus Zenfone 2

Stejně, jako v předchozím případě můžeme instalovat nové programy a funkce pomocí obrazu disku CD-ROM, který si připojíme v aplikaci Limbo PC Emulator. Těto možnosti jsem využil při instalaci programu pro testování výkonu zařízení.

Na obrázku 9 můžeme vidět nainstalovaný systém Windows 95 na mobilním telefonu Google Pixel 2.

### 7.2.3 Porovnání výkonu systému Windows 95 na různých zařízeních

Pro testování výkonu operačního systému Windows 95 jsem využil testovací nástroje *CPUBench* a *3DBench*. Obě tyto aplikace si můžeme stáhnout z následujícího odrazu [90]. Programy je nutné nejdříve stáhnout do počítače, vytvořit z těchto programů obraz disku CD-ROM, nakopírovat tento obraz disku do zařízení a v aplikaci Limbo PC Emulator přidat tento disk s programy. Poté si můžeme tyto programy z obrazu disku překopírovat do spuštěného operačního systému Windows 95 a spustit testování.



Obrázek 9: Windows 95 na telefonu Google Pixel 2

Program *CPUBench* testuje výkon procesoru. K dispozici je několik různých testů. Pro otestování výkonu systému na mobilních telefonech Asus Zenfone 2 a Google Pixel 2 jsem zvolil testy pro výpočet čísla  $\pi$  na 5000 desetinných míst a výpočet matice. Výsledky testů výkonu můžeme vidět v tabulce 14. Tabulky byly vytvořeny na základě výsledků testů, které je možno vidět na obrázcích 41 - 46.

Tabulka 14: Testování výkonu systému Windows 95

Asus Zenfone 2 Výsledek testu	Test	Google Pixel 2 Výsledek testu
133,652 s	Výpočet čísla $\pi$	30,208 s
286,425 s	Výpočet matice	52,544 s
33,9 fps	Grafický test 3DBench	227,9 fps



Z uvedené tabulky můžeme konstatovat, že mobilní telefon Asus Tenfone 2 nebude příliš vhodný pro praktické využití systému Windows 95 spuštěného přes aplikace *Limbo Pc Emulator*. Kvůli nízké obnovovací frekvenci obrazovky není obraz plynulý. Telefon Google Pixel 2 byl asi 4 krát rychlejší v provedených testech. V grafickém testu dosáhl tento telefon poměrně vysoké obnovovací frekvence. Díky tomu můžeme operační systém Windows 95 na telefonu Google Pixel 2 ovládat plynule.

### 7.3 Testování operačního systému Linux

Operační systém Linux jsem testoval na zařízeních Asus Zenfone 2 a Google Pixel 2. Na mobilním telefonu Asus Zenfone 2 jsem nainstaloval distribuci Fedora a na telefon Google Pixel 2 distribuci Ubuntu. V následujících kapitolách bude blíže popsána funkčnost operačního systému na těchto 2 zařízeních a bude srovnán výkon na těchto zařízeních.

Po spuštění systému v aplikaci Linux Deploy se k systému můžeme připojit pomocí aplikace VNC Viewer, Otevřeme aplikaci a zadáme nové připojení. Jako adresu můžeme zadat „localhost“, nebo adresu 127.0.0.1, port necháme výchozí. Pro připojení do systému je nutné zadat uživatelské jméno a heslo, které jsme si zadali před instalací systému v aplikaci Linux Deploy. V mém případě je třeba zadat jako jméno „student“ a heslo „student“. Po správném zadání přihlašovacích údajů se připojíme do systému.

#### 7.3.1 Testování systému na telefonu Google Pixel 2

Po připojení do systému podle výše zmíněného postupu můžeme systém ovládat standardně jako přes klasický počítač. Máme k dispozici virtuální klávesnici kurzor myši, který funguje pomocí dotykové obrazovky mobilního telefonu. Jako při ovládání výše zmíněného operačního systému Windows 95 je dobré si doinstalovat virtuální klávesnici *Hacker's keyboard* pro lepší ovládání systému. Jako další možnost ovládání máme možnost připojit si hardwarovou klávesnici do našeho mobilního telefonu, přes kterou budeme moci systém plně ovládat a nepotřebujeme tedy používat virtuální klávesnici.

Aplikace Linux Deploy instaluje takzvané „odlehčené“ systémy. Tento odlehčený operační systém na rozdíl od plnohodnotné verze obsahuje méně použitelných funkcí. Můžeme si však dodatečně funkce doinstalovat a používat systém obvyklým způsobem. Můžeme například doinstalovat webový prohlížeč, abychom si mohli prohlížet webové stránky, nebo doinstalovat službu *ssh-server* pro vzdálené připojení k systémovému terminálu. Pro instalaci programů můžeme využít systémový terminál. V závislosti na nainstalované distribuci Linuxu můžeme instalovat balíčky pomocí různých příkazů. V nainstalované distribuci Ubuntu si doinstalujeme službu SSH server pomocí příkazu `sudo apt-get install openssh-server`. Nově nainstalovanou službu můžeme spustit příkazem `sudo service sshd start`. Nyní se na náš systém můžeme vzdáleně připojit buď ze stolního počítače, nebo z jiného mobilního zařízení, které má k dispozici nainstalovaného SSH klienta.

Systém funguje velice rychle. Rychlost je srovnatelná s rychlostí na běžném počítači. Systém pracuje plynule. I při spuštění náročnějších aplikací například webového prohlížeče funguje systém podle očekávání. Umožňuje provádět veškeré operace, jako na klasickém počítači. Pomocí průzkumníka souborů můžeme přistupovat k uloženým složkám a souborům. V programu *gedit* můžeme vytvářet a editovat jednoduché textové soubory. Po doinstalování programu *open-office* můžeme vytvářet složitější dokumenty. Tento program je obdobou kancelářských nástrojů MS Office pro operační systém Windows.

Velice důležitý nástroj pro ovládání celého systému je systémový terminál, přes který můžeme plně ovládat náš systém pomocí textových příkazů. Při připojení přes SSH můžeme systém ovládat také vzdáleně ze svého osobního počítače. V tomto režimu je nutná určitá znalost linuxových příkazů. Zkušenosti uživatelé systému Linux či administrátoři systému využívají pouze tohoto terminálu k ovládání systému.

Kvůli chybějícímu audio ovladači není možné v systému poslouchat hudbu. Nemáme k dispozici žádné nastavení zvuku, kde bychom si potřebný ovladač mohli případně doinstalovat. I přes tento malý nedostatek můžeme v systému pracovat tak jako na klasickém osobním počítači. Výhodou takto nainstalovaného systému na mobilní zařízení je hlavně jeho přenositelnost. Můžeme mít téměř plně funkční operační systém Linux pořád u sebe a pracovat na něm kdykoliv, když u sebe máme mobilní telefon.

Na obrázku 10 můžeme vidět spuštěný operační systém Linux Ubuntu na telefonu Google Pixel 2.

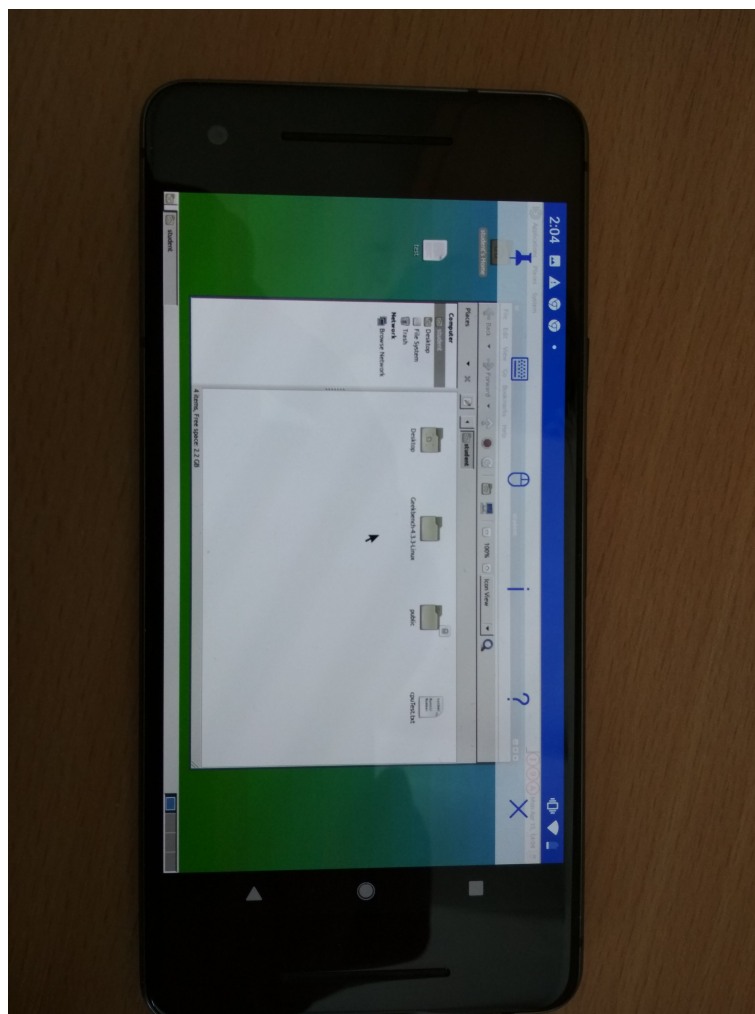
### 7.3.2 Testování systému na telefonu Asus Zenfone 2

Na mobilní telefon Asus Zenfone 2 jsem nainstaloval operační systém Fedora 28. U této linuxové distribuce jsem zvolil pouze možnost nainstalování SSH serveru. Proto u tohoto nainstalovaného systému není k dispozici grafické uživatelské rozhraní (GUI). Systém lze ovládat pouze přes tento nainstalovaný SSH server.

Pro připojení do systému můžeme například zvolit aplikaci *VX ConnectBot* dostupnou na adrese [85]. Při použití této aplikace se můžeme připojit do systému přes telefon, na kterém máme nainstalovaný systém Fedora 28. Doporučuji připojit se do systému přes stolní počítač, nebo notebook přes SSH. Z operačního systému Windows můžeme například využít nástroj *Powershell*, nebo program *Putty*. Z operačního systému Linux se můžeme připojit přes SSH přímo z terminálu.

Pro následné testování jsem zvolil připojení přes program *Putty*. Pro připojení do našeho systému musíme zadat adresu, na kterém je spuštěn náš server. Zadáme tedy IP adresu serveru a port na kterém naslouchá a připojíme se do systému. Pro přihlášení je nutné zadat přihlašovací údaje, které jsme si zvolili při instalaci systému. Po zadání přihlašovacích údajů se nyní připojíme do systému.

Operační systém Fedora 28 nabízí pouze pár základních balíčků pro práci se systémem. Můžeme si však další potřebné balíčky doinstalovat. Distribuce Fedora 28 využívá balíčkovací



Obrázek 10: Operační systém Linux na telefonu Google Pixel 2

systém *Yum*. Pokud tedy chceme doinstalovat nějaký balíček použijeme k tomu následující příkaz `sudo yum install [navez balicku]`. Tento operační systém můžeme používat, jako klasický server. Můžeme zde konfigurovat a provozovat služby jako na klasických serverech. Například můžeme provozovat FTP server, HTTP, server a další služby. Protože zde nemáme k dispozici grafické uživatelské rozhraní není tento systém příliš vhodný pro začínající uživatele. Pro tyto uživatele by bylo vhodnější používat tento systém s grafickou nadstavbou.

V systému můžeme normálně pracovat. Můžeme vytvářet a editovat souboru, procházet adresáře, prohlížet webové stránky pomocí konzolového webového prohlížeče atd. Protože zde nemáme grafické uživatelské rozhraní je systém velice rychlý. Zabírá také menší velikost na disku.

Tento operační systém je vhodný pro zkušené uživatele operačního systému Linux, kteří si chtějí vytvořit vlastní server pro provozování služeb na mobilním zařízení. Výhodou instalace na mobilní telefon je vysoká mobilita zařízení. Zařízení můžeme přenášet na různá místa a mít k dispozici všechny nainstalované služby, kterými náš server disponuje.

### 7.3.3 Porovnání výkonu systému na různých zařízeních

Pro otestování výkonu telefonu jsem zvolil testovací nástroje *Phoronix Test Suite* a programový balík pro Linux *stress-ng*. Instalace obou nástrojů se dá nejlépe provést pomocí konzole. Využijeme tedy instalaci přes balíčkovací systém operačního systému. Na mobilním telefonu Google Pixel 2 je nainstalovaný operační systém Linux Ubuntu 16.04. Instalaci obou nástrojů na tomto zařízení provedeme pomocí příkazu `sudo apt-get install phoronix-test-suite stress-ng`. Na telefonu Asus Zenfone 2 je nainstalován systém Linux Fedora 28. Z tohoto důvodu použijeme jiný balíčkovací systém a to *yum*. Instalaci těchto balíčků provedeme pomocí příkazu `sudo yum install stress-ng` a příkazu `sudo yum install phoronix-test-suite`.

Pro porovnání jsem zvolil také notebook Acer Aspire V3-771G s osmijádrovým procesorem Intel i7-3630QM s taktovací frekvencí 3,4GHz. Operační systém tohoto zařízení je Linux Ubuntu 18.04 LTS. Na tomto notebooku byly provedeny stejné testy jako u výše zmíněných telefonů. Použity byly testovací nástroje *Phoronix Test Suite* a *sysbench*.

Jako jeden z testovacích nástrojů pro výkon telefonu byl využit nástroj *Phoronix Test Suite*. Tento program obsahuje nejrozličnější testy. Výhodou programu je, že výsledky všech testů si můžeme nahrát na webové stránky, kde dostaneme pěkně zpracované grafické výsledky, nebo si je vyexportovat do PDF nebo CSV souboru. Pro testování procesoru byl zvolen test AOBench. Zkratka AOBench je odvozena od slova (Ambient Occlusio), což je metoda stínování v počítačové grafice. U tohoto testu se vypočítává rastr 3D obrazu o velikosti 2048 x 2048 px. Tento test počítá čas vykreslování tohoto obrazu.

Dalším programem pro testování výkonu by program *stress-ng*. Tento nástroj umožňuje provádět testy výkonu procesoru. Obsahuje mnoho nejrozličnějších úkolů, které se provádějí během testování. Pro testování všech zařízení jsem zvolil testy pro počítání matic a hodnoty Ludolfova čísla  $\pi$ . Tento nástroj testuje výkon procesoru tím, že procesor počítá zadané úlohy. U testu se vyhodnocuje počet operací, které zvládl za předem definovaný čas.

**7.3.3.1 Testování výkonu telefonu Asus Zenfone 2** První test výkonu mobilního telefonu Asus Zenfone 2 byl proveden AOBench testem, který je k dispozici v nástroji *Phoronix Test Suite*. V tabulce 15 můžeme vidět seznam dostupných zdrojů telefonu Asus Zenfone 2. V tabulce 16 vidíme celkový čas a chybovost při počítání. Tabulky jsou vytvořeny z výsledků testů, které jsou součástí přílohy této práce 17,18. Výsledky testu si můžeme také zobrazit z následujícího odkazu [82].

Tabulka 15: Seznam dostupných zdrojů telefonu Ausu Zenfone 2

Kategorie	Zařízení
Procesor	Intel Atom Z3580, 4 jádra, 1,83 GHz
Paměť RAM	4096 MB
Úložiště	31 GB
Grafický adaptér	psbfb
Operační systém	Fedora 28
Kernel	3.10.20-x86_64_moor
Souborový systém	ext4
Rozlišení obrazovky	1920 x 1080 px

Tabulka 16: Výsledek AOBench testu telefonu Ausu Zenfone 2

Název kategorie	Výsledek
AOBench (velikost 2048 x 2048 px)	261.30 sekund
Chybovost	0,37 sekund
Směrodatná odchylka	0,25 %

Další test byl proveden nástrojem *stress-ng*. Pro testování výkonu procesoru jsem zvolil početní úlohy výpočet Ludolfova čísla  $P_i$  a výpočet matice. V tabulce 17 můžeme vidět výsledek testu výpočtu Ludolfova čísla  $P_i$  a matice. Níže uvedené tabulky byly vytvořeny na základě obrázků, které jsou součástí příloh této práce 23, 24.

Tabulka 17: Výsledek testu pomocí nástroje *stress-ng* pro telefon Asus Zenfone 2

Zvolený test	Testované zařízení	Počet operací	Časový limit úlohy
Výpočet čísla $P_i$	CPU	44 269 294	60 sekund
Výpočet matice	CPU	11 867	60 sekund

**7.3.3.2 Testování výkonu telefonu Google Pixel 2** Pro testování mobilního telefonu Google Pixel 2 jsem využil stejný test jako v předchozím případě. Jedná se o AOBench test dostupný přes testovací program *Phoronix Test Suite*.

V tabulce 18 můžeme vidět seznam dostupných zdrojů telefonu Google pixel 2. V tabulce 19 vidíme celkový čas a chybovost při počítání. Tabulky jsou vytvořeny z výsledků testů, které jsou součástí přílohy této práce 17,18. Výsledky testu si můžeme také zobrazit z následujícího odkazu [83].

Tabulka 18: Seznam dostupných zdrojů telefonu Google Pixel 2

Kategorie	Zařízení
Procesor	ARMv8 rev 4, 8 jader, 1,9 GHz
Paměť RAM	4096 MB
Úložiště	128 GB
Operační systém	Ubuntu 16.04
Kernel	4.4.116 (armv8I)
Souborový systém	ext4
Rozlišení obrazovky	3840 x 1080 px

Tabulka 19: Výsledek AOBench testu telefonu Google Pixel 2

Název kategorie	Výsledek
AOBench (velikost 2048 x 2048 px)	117.42 sekund
Chybovost	0,19 sekund
Směrodatná odchylka	0,28 %

Další test byl proveden nástrojem *stress-ng*. Pro testování výkonu procesoru jsem zvolil početní úlohy výpočet Ludolfova čísla  $P_i$  a výpočet matice. V tabulce 20 můžeme vidět výsledek testu výpočtu Ludolfova čísla  $P_i$  a matice. Níže uvedené tabulky byly vytvořeny na základě obrázků, které jsou součástí příloh této práce 25, 26.

Tabulka 20: Výsledek testu pomocí nástroje *stress-ng* pro telefon Google Pixel 2

Zvolený test	Testované zařízení	Počet operací	Časový limit úlohy
Výpočet čísla $P_i$	CPU	277 112 432	60 sekund
Výpočet matice	CPU	23 209	60 sekund

**7.3.3.3 Testování výkonu notebooku Acer Aspire V3-771G** Pro porovnání výkonu zařízení jsem otestoval také notebook Acer Aspire V3-771G. Tento notebook byl otestován stejným testem jako v předchozích případech. Jedná se o test AOBench dostupný přes aplikace *Phoronix Test Suite*.

V tabulce 21 můžeme vidět seznam dostupných zdrojů notebooku Acer Aspire V3-771G. V tabulce 22 vidíme celkový čas a chybovost při počítání. Tabulky jsou vytvořeny z výsledků testů, které jsou součástí přílohy této práce 21,22. Výsledky testu si můžeme také zobrazit z následujícího odkazu [84].

Tabulka 21: Seznam dostupných zdrojů notebooku Acer Aspire V3-771G

Kategorie	Zařízení
Procesor	Intel Core i7-3630QM, 8 jader, 3,4 GHz
Paměť RAM	14336 MB
Úložiště	160 GB (HDD) + 240 GB (SSD)
Operační systém	Ubuntu 18.04
Kernel	4.15.0.-34.generic (i686)
Souborový systém	ext4
Rozlišení obrazovky	1920 x 1080 px

Tabulka 22: Výsledek AOBench testu notebooku Acer Aspire V3-771G

Název kategorie	Výsledek
AOBench (velikost 2048 x 2048 px)	87,81 sekund
Chybovost	0,32 sekund
Směrodatná odchylka	0,64 %

Další test byl proveden nástrojem *stress-ng*. Pro testování výkonu procesoru jsem zvolil početní úlohy výpočet Ludolfova čísla  $P_i$  a výpočet matice. V tabulce 23 můžeme vidět výsledek testu výpočtu Ludolfova čísla  $P_i$  a matice. Níže uvedené tabulky byly vytvořeny na základě obrázků, které jsou součástí příloh této práce 27, 28.

Tabulka 23: Výsledek testu pomocí nástroje *stress-ng* pro notebook Acer Aspire V3-771G

Zvolený test	Testované zařízení	Počet operací	Časový limit úlohy
Výpočet čísla $P_i$	CPU	115 635 631	60 sekund
Výpočet matice	CPU	64 258	60 sekund

Z předchozích tabulek si můžeme udělat srovnání výkonu všech testovaných procesorů. Můžeme konstatovat, že mobilnímu telefonu Asus Zenfone 2 trval AOBench test nejdelší dobu tj. 261,30 sekund, telefonu Google Pixel 2 trval stejný téměř polovinu času jako u předchozího telefonu tj. 117,42 sekund. Můžeme vidět, že nejrychleji zvládl tento test notebook Acer Aspire V3-771G, kterému trval test 87,81 sekund.

## 7.4 Testování systému Windows 7

Operační systém Windows 7 jsem instaloval a testoval pouze na mobilním telefonu Asus Zenfone 2. Pro spuštění samotného systému je nutné udělat pár kroků. Nejprve si musíme spustit nain-

stalovaný operační systém Linux. Linux si spustíme přes aplikaci *Linux Deploy*. Jakmile máme systém spuštěn, připojíme se do tohoto systému přes SSH. Pro připojení přes SSH můžeme využít aplikaci v mobilním telefonu, nebo program *Putty* na počítači. Pro lepší ovládání jsem si zvolil připojení přes program *Putty*. Počítač připojíme ke stejné síti, jako mobilní telefon se spuštěným operačním systémem Linux a zadáme adresu, na které je spuštěn SSH server.

Po připojení do systému Linux musíme zapnout emulační nástroj QEMU, přes který budeme spouštět operační systém Windows 7. Příkazem `cd /usr/bin/` přejdeme do adresáře `/usr/bin`, kde máme emulační nástroj QEMU a konfigurační soubor `start_win7.sh` pro spuštění tohoto emulátoru, který jsme si vytvořili při instalaci systému Windows 7. Systém Windows 7 spustíme zadáním příkazu `sudo start_win7.sh`. Tento příkaz spustí emulační nástroj QEMU podle konfigurace uvedené v konfiguračním souboru. Pokud se do konzole vypíše hláška *QEMU 2.3.0 monitor - type 'help' for more information (qemu)*, znamená to, že jsme právě spustili operační systém Windows 7.

Nyní se již můžeme připojit k samotnému operačnímu systému Windows 7 pomocí aplikace aSpice. K systému Windows 7 se také můžeme připojit pomocí počítače, do kterého si musíme stáhnout program který bude sloužit jako takzvaný „spice klient“. Pro připojení pomocí mobilní aplikace aSpice je nutné zadat adresu serveru, na kterém je spuštěn operační systém Windows 7. Tato adresa je uvedena v konfiguračním souboru, který jsme si vytvořili při instalaci. Po zadání této adresy se již můžeme připojit do systému Windows 7.

Spouštění systému je poměrně rychlé. Protože se musí nejdříve spustit emulátor a teprve poté se můžeme připojit do systému. Jakmile se připojíme do systému, je již tento systém plně spuštěn. Se systémem můžeme pracovat jako kdyby byl nainstalován na klasickém osobním počítači. Máme k dispozici všechny funkce, který operační systém Windows 7 nabízí. Máme k dispozici i zvukový adaptér pro přehrávání zvuku.

U tohoto nainstalovaného systému není k dispozici síťový adaptér a tudíž nemáme k dispozici připojení k internetu. Tento problém je způsoben současným kernelem, který je nahrán na mobilním telefonu Asus Zenfone 2. Tento kernel neumožňuje možnost vytvoření síťového mostu, který je nezbytný pro správnou funkci síťového adaptéru. Při přehrání jiného kernelu, který tuto možnost poskytuje budeme mít k dispozici síťový adaptér a tedy i přístup k internetu.

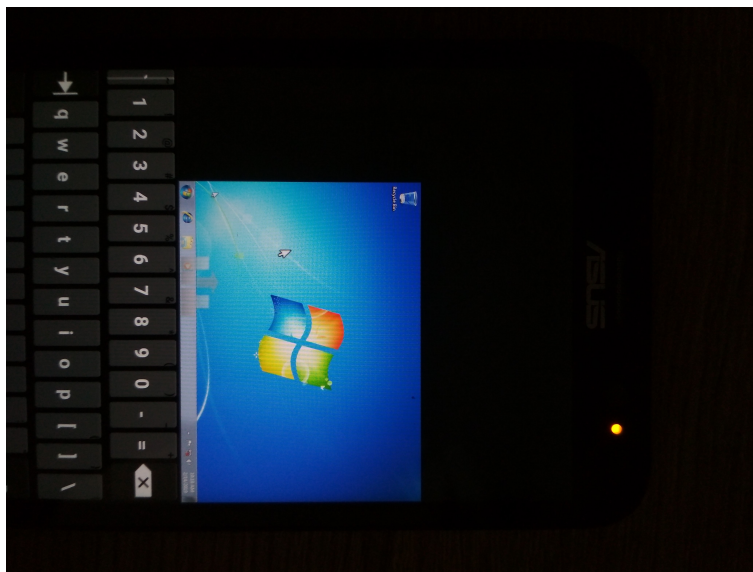
V systému Windows 7 jsem otestoval nejrůznější funkce jako jsou průzkumník souborů, poznámkový blok, kalkulačku, či předinstalované hry jako jsou šachy nebo hledání min. Systém Windows 7 pracoval výrazně rychleji než operační systém Windows 95. I přesto, že Windows 7 je novější a více náročný na hardwarové požadavky než Windows 95, pracoval systém Windows 7 daleko rychleji a plynule oproti systému Windows 95. Je patrné, že metoda, kterou jsem zvolil pro instalaci a testování operačního systému Windows 7 dokáže lépe využít dostupné zdroje zařízení, než je tomu u aplikace *Limbo PC Emulator*. Rychlost spouštění programů a funkcí byla poměrně rychlá, ale ne plynulá. Přes aplikaci *aSpice* se systém špatně ovládal. Pohyb myši byl nepřirozený. Kvůli vysoké odezvě při ovládání myši nebylo snadné systém plynule ovládat. Použití virtuální klávesnice u této aplikace fungovalo dobře. Na rozdíl od aplikace *Limbo PC*



*Emulator* program *aSpice* umožňuje rozšíření obrazovky při psaní na virtuální klávesnici, takže bylo možné vidět psaný text.

Nejvhodnější použití je připojení hardwarové klávesnice a myši do zařízení, abychom mohli ovládat systém jako přes klasický osobní počítač, nebo připojit se do systému pomocí vzdálené plochy z osobního počítače. Připojením hardwarové klávesnice a myši se značně zlepšilo ovládání celého systému Windows 7.

Na obrázku 11 můžeme vidět spuštěný operační systém Windows 7 na mobilním telefonu Asus Zenfone 2.



Obrázek 11: Operační systém Windows 7 na telefonu Asus Zenfone 2

#### 7.4.1 Porovnání výkonu systému Windows 7 na různých zařízeních

Testování operačního systému Windows 7 jsem provedl na mobilním telefonu Asus Zenfone 2 a notebooku Acer Aspire V3-771G. Jako testovací nástroje byly využity programy *CPUBench* a *Cpu Bnech 2003*. Oba testovací nástroje jsou dostupné na adrese [90]. Stejně jako při testování operačního systému Windows 95 je nejprve nutné programy stáhnout do počítače a vytvořit z těchto programů obraz disku CD-ROM, přes který testovací nástroje může nainstalovat a spustit.

Programem *CPUBench* byl otestován výkon procesoru pomocí testu který počítá číslo Pi na 5000 desetinných míst a další test vypočítává matici. Nástrojem *Cpu Bnech 2003* byl otestován výkon grafické karty. V tabulce 24 můžeme vidět výsledky všech provedených testů na mobilním telefonu Asus Zenfone 2 a notebooku Acer Aspire V3-771G. Tabulka byla vytvořena na základě obrázku z výsledků všech testů, které jsou součástí příloh této práce. Konkrétně se jedná o obrázky 47 - 54.

Tabulka 24: Testování výkonu systému Windows 7

Asus Zenfone 2 Výsledek testu	Test	Acer Aspire V3-771G Výsledek testu
5,756 s	Výpočet čísla $\pi$	1,750 s
4,336 s	Výpočet matice	1,281 s
2,92 fps	Grafický test 1 (Cpu Bench 2003)	10,42 fps
10,64 fps	Grafický test 2 (Cpu Bench 2003)	31,25 fps

Z výsledků testů můžeme usoudit, že rychlost provádění testů na mobilním telefonu Asus Zenfone 2 je téměř shodná s rychlostí systému na notebooku Acer Aspire V3-771G. Kvůli nízké obnovovací frekvenci u grafického testu nebyl vykreslovaný obraz plynulý. Nízká obnovovací frekvence stěžuje samotné ovládání celého operačního systému Windows 7. Z předchozích testů a výsledků z tabulky můžeme vidět, že nainstalovaný operační systém Windows 7 na mobilním telefonu Asus Zenfone 2 se dá prakticky využít. Rychlost systému sice není taková, jako na osobním počítači, ale dostačující na běžnou práci se systémem.

## 8 Návody do cvičení

V této kapitole jsou podrobně popsány jednotlivé postupy pro instalaci desktopových operačních systémů na mobilní zařízení. Součástí jsou i obrázkové přílohy, z kterých bude lépe patrný samotný postup přípravy a následné instalace operačních systémů. Podrobně jsou rozebrány instalace operačních systémů Windows 95, Linux a Windows 7. Postupy instalace operačních systémů Windows 95 a Linux jsou uvedeny pouze pro zařízení Google Pixel 2. Postup pro mobilní telefon Asus Zenfone 2 je totožný s postupem pro telefon Google Pixel 2. U instalace operačního systému Windows 7 je uveden postup pro mobilní telefon Asus Zenfone 2.

### 8.1 Instalace operačního systému Windows 95 pomocí aplikace Limbo PC Emulator

Instalace operačního systému Windows 95 byla realizována pomocí aplikace Limbo PC Emulator. Tato aplikace umožňuje virtualizovat operační systémy Windows. Aplikace vychází z virtualizačního nástroje QEMU.

Aplikaci si můžeme do telefonu stáhnout přes následující odkaz [69]. pro lepší ovládání systému doporučují vývojáři stažení virtuální klávesnice *Hacker's Keyboard* dostupnou z odkazu [71], která obsahuje podobné funkce jako klasická hardwarová klávesnice jako jsou funkční tlačítka F1 - F12, klávesy CTRL, ALT, šipky a další. Další možnost zajištění lepšího ovládání systému je připojení hardwarové klávesnice, nebo myši. Připojení těchto zařízení nám umožní plně využívat funkce systému.

Po stažení a nainstalování výše uvedených aplikací si můžeme stáhnout obraz disku se systémem Windows 95, který budeme virtualizovat. Tento obraz si můžeme stáhnout z následující adresy [70]. Aplikace Limbo PC Emulator umožňuje spouštět 2 typy obrazů a to obraz pevného disku (.IMG) a obraz disku CD-ROM (.ISO). Stažením tohoto obrazu již nemusíme instalovat samotný operační systém Windows 95. Budeme používat již připravený obraz s nainstalovaným systémem.

Při instalaci aplikace Limbo PC Emulator si tato aplikace vytvoří složku */limbo* v kořenovém adresáři souborového systému. Pro zjednodušení vyhledávání je dobré si stažený obraz disku nakopírovat nebo přesunout právě do této složky.

Jakmile máme stažený potřebný obraz disku systému, můžeme otevřít aplikaci Limbo PC Emulator a začít nastavovat parametry pro daný systém. Po spuštění aplikace se nám objeví hlavní konfigurační stránka aplikace viz obrázek 29. Nastavujeme zde parametry jako například architekturu procesoru, paměť RAM, uživatelské rozhraní, zaváděcí disk a podobně. V závislosti na různých operačních systémech nastavujeme potřebnou konfiguraci. Konfiguraci potřebnou pro spuštění operačního systému Windows 95 můžeme vidět v tabulce 8.

Po správném nastavení všech parametrů již bude možné spustit operační systém Windows 95. Spuštění systému můžeme provést stiskem tlačítka „Start“. Nyní se začne načítat operační systém. V závislosti na zařízení, na kterém se tento operační systém spouští, bude trvat start

systému určitou dobu. U telefonu Google Pixel 2 je start systému poměrně rychlý. Čas je srovnatelný se spouštěním systému na klasickém osobním počítači. U telefonu Asus Zenfone 2 je start systému značně pomalejší.

Na obrázku 37 můžeme vidět spuštěný operační systém přes aplikaci *Limbo PC Emulator*.

## 8.2 Instalace operačního systému Linux

Pro instalování operačních systémů Linux na mobilní zařízení je nutné mít takzvaně „rootlý telefon“ to znamená, že musíme mít administrátorská práva (root access). Potřebujeme mít přístup k root adresáři telefonu. Tyto práva vyžadují aplikace potřebné pro instalaci systému. Bez nich nemůžeme zvolit tuto metodu instalace.

Postup instalace operačních systémů Linux na mobilní zařízení je totožný pro oba testované telefony a to Google Pixel 2 a Asus Zenfone 2. Rozdíl je pouze u postupu odemčení zavaděče systému a získání administrátorských práv. Dále bude uveden pouze postup pro mobilní telefon Google Pixel 2. Návod pro odemčení zavaděče systému a získání administrátorských oprávnění pro telefon Asus Zenfone 2 můžeme vidět v předchozí kapitole 6.2.4.2.

Nejprve je nutné zobrazit si v telefonu nastavení „Možnosti vývojáře“ a povolit v tomto nastavení možnost „Ladění přes USB“. Postup pro povolení této možnosti je uveden v předchozí kapitole 6.4.2.1.

### 8.2.1 Odemčení zavaděče telefonu

Pro odemčení zavaděče systému a získání administrátorských práv budeme potřebovat osobní počítač. Do tohoto počítače si stáhneme nástroje pro komunikaci s telefonem *ADB* a *Fastboot*. oba nástroje si lze stáhnout z následující adresy [77].

Připojíme si telefon k počítači přes USB (Pokud systém nerozpozná zařízení, je nutné do počítače doinstalovat potřebné ovladače). Rozbalíme si stažený balík, a otevřeme si příkazový řádek, ve kterém si přejdeme do rozbaleného adresáře. Pro výpis připojených zařízení zadáme příkaz `adb devices`. Ve výpisu bychom měli vidět připojený Google Pixel 2. Pokud ve výpisu vidíme připojený telefon zadáme příkaz `adb reboot bootloader`. Po zadání tohoto příkazu se mobilní telefon restartuje do takzvaného „boot módu“, který můžeme vidět na obrázku 38.

V tomto režimu můžeme odemknout zavaděč. To provedeme příkazem `fastboot flashing unlock` nebo zadáním `fastboot flashing unlock_critical`. Na telefonu se zobrazí nabídka, kde vybereme možnost `unlock the bootloader`. Po potvrzení se telefon restartuje. Pokud nedojde k restartování restartujeme jej manuálně nebo použitím příkazu `fastboot reboot`. Tyto příkazy můžeme vidět na obrázku 39

Jakmile se telefon restartuje, máme odemknutý zavaděč systému. Při spouštění systému se nyní bude objevovat hlášení o tom, že máme odemknutý zavaděč systému a že může být narušena bezpečnost telefonu.

### 8.2.2 Získání administrátorských práv

Pro získání administrátorských práv musíme mít odemčený zavaděč systému. Ten si odemkneme podle výše zmíněného postupu. Do počítače si stáhneme instalační balíček aplikace Magisk Manager APK [78] a takzvaný „factory image“, tedy obraz systému, který bude nahrávat do zařízení. Můžeme si jej stáhnout z následujícího odkazu [79]. Připojíme telefon k počítači přes USB. Oba stažené soubory nakopírujeme do vnitřního úložiště telefonu.

Přes průzkumníka souborů si v telefonu najdeme instalační balíček aplikace Magisk Manager APK a nainstalujeme aplikaci. Rozbalíme si archiv s obrazem systému. Spustíme aplikaci a v menu zvolíme možnost „Install“, dále vybereme možnost „Patch Boot Image File“ a vybereme soubor boot.img, který najdeme v rozbalené složce. Po vybrání souboru musíme udělit oprávnění aplikaci, aby mohla procházet soubory. Oprávnění udělíme stiskem tlačítka „Allow“. Po přehrání tohoto souboru budeme mít takzvaný „root acces“, tedy administrátorská práva. Pro otestování, zda byl opravdu proveden „root“ telefonu můžeme použít aplikaci „Root chacker“. [58]

Na obrázku 40 můžeme vidět aplikace Magisk Manager APK přes kterou se provádí takzvaný „Root telefonu“.

### 8.2.3 Postup instalace operačního systému Linux

Po odemčení zavaděče systému a získání potřebných administrátorských práv si můžeme stáhnout potřebné aplikace k instalaci systému Linux. Budeme potřebovat aplikaci *BusyBox* [72], která nám poskytne základní funkční příkazy pro ovládání systému. Dále potřebujeme aplikaci *Linux Deploy* [73], která nám stáhne balíček zvoleného operačního systému. Jako poslední je nutné mít nainstalovanou nějakou aplikaci, která nám umožní připojení přes vzdálenou plochu, abychom mohli vidět co se děje v systému a mohli jej ovládat. Pro tento účel jsem zvolil aplikaci VNC Viewer.

V případě, kdy nebudeme chtít nainstalovat grafické uživatelské rozhraní, nebudeme také potřebovat aplikaci VNC Viewer. Bez grafického uživatelského rozhraní je nutné při instalaci zvolit možnost instalace SSH serveru, přes který se budeme připojovat do systému bez grafického uživatelského rozhraní. Pro tento účel si můžeme stáhnout do počítače program *Putty* [88], který poskytuje funkci připojení přes SSH.

Jako první si otevřeme aplikaci *BusyBox*. Po spuštění se objeví nabídka se třemi záložkami. Záložka „About BusyBox“ obsahuje krátký text o tom, k čemu aplikace slouží a jak s ní pracovat. Dále pak jsou v nabídce záložky „Applet manager“ a pro nás nejdůležitější karta „Install BusysBox“. Po rozkliknutí karty *Install Bussybox* začne aplikace hledat dostupné funkce, které si poté tlačítkem „install“ nainstalujeme do svého zařízení. Hlavní kartu *Install Bussybox* můžeme vidět na obrázku 30. Můžeme si zvolit cestu, kam se má instalovat. Tuto cestu však ponecháme ve výchozím nastavení. Po nainstalování funkcí můžeme přejít k dalšímu kroku.

Nyní si otevřeme aplikaci „Linux Deploy“. Po spuštění se objeví hlavní obrazovka viz obrázek 31, na které jsou uvedeny základní informace o aplikaci a postup pro instalaci a spuštění

systému. V nabídce si můžeme vybrat záložku „Profiles“ v které si vytvoříme profil, který si pojmenujeme a uložíme pro pozdější použití. V záložce „Settings“ viz obrázek 32 si nastavíme základní parametry aplikace hlavně parametry služeb, které budeme potřebovat jako například port pro připojení k ploše přes aplikaci VNC Viewer. V případě, že nepotřebujeme instalovat grafické uživatelské rozhraní, nebudeme zaškrtnávat tuto volbu, ale musíme si povolit instalaci SSH serveru.

Před instalací si musíme nastavit, kterou distribuci budeme chtít nainstalovat a další parametry. Můžeme volit mnoho Linuxových distribucí jako například Ubuntu, Debian, Kali Linux, a jiné. Já jsem zvolil distribuci Ubuntu. Dále zde nastavíme zdrojovou URL adresu, ze které chceme, aby se systém stáhl. Můžeme nechat nastaveno na výchozí stránku <http://ports.ubuntu.com>. Dále si zvolíme cestu, kam chceme systém nainstalovat. Můžeme si také zaškrtnout pole pro doinstalování další funkcí jako například SSH server. Abychom se mohli k systému připojit přes aplikaci VNC Viewer musíme si nastavit grafický systém na VNC. Pokud bychom použili jinou aplikaci k připojení zvolíme typ, s kterým bude daná aplikace fungovat. Nyní už jen stačí zadat přihlašovací údaje do systému (jméno a heslo) a tlačítkem „install“ nainstalovat operační systém Linux. konfiguraci pro instalaci operačního systému Linux Ubuntu můžeme vidět v následující tabulce 25. Protože aplikace je v angličtině budou i možnosti konfigurace psány v anglickém jazyce.

Tabulka 25: Konfigurace pro instalaci distribuce Ubuntu

Možnost	Požadovaná volba
Containerization method	chroot
Distribution	Ubuntu
Architecture	armhf
Distribution suite	xenial
Source path	http://ports.ubuntu.com
Installation type	File
Installation path	<code>\${EXTERNAL_STORAGE}/linuxbakalarka.img</code>
Image Size (MB)	Automatic calculation
File System	ext4
Username	student
User password	student
Privileged user	root
DNS	Automatic detection
Localization	POSIX
Mounts - Enable	Yes
Mount point	/storage/emulated/0/
SSH - Enable	Yes
GUI - Enable	Yes
Graphical subsystem	VNC
Desktop environment	MATE

Ve zmíněné konfiguraci jsme zadali instalaci distribuce Ubuntu do kořenového adresáře interního úložiště telefonu. Zvolili jsme si přihlašovací jméno *student* a heslo *student*. Povolili jsme připojení interního úložiště telefonu do systému. Povolili instalaci SSH serveru a grafického uživatelského rozhraní VNC s uživatelským prostředím *MATE*. V případě, že nechceme mít k dispozici grafické uživatelské prostředí tak odškrtneme volbu GUI. To samé platí pokud nechceme instalovat službu SSH server, odškrtneme možnost SSH.

Při takto nastavené konfiguraci můžeme v hlavním menu kliknout na tlačítko *install* a začne se instalovat operační systém Linux podle uvedené konfigurace. Při instalaci musíme mít k dispozici internetové připojení, jinak nebude možné systém nainstalovat. Aplikace by tento stav vypsala na obrazovku a tím poskytla uživateli informace o neúspěchu instalace. Díky průběžným výpisům máme možnost sledovat průběh instalace systému. Samotná instalace operačního systému Linux trvá v závislosti na rychlosti internetového připojení a výkonu zařízení okolo 15 - 20 minut. Při nainstalování systému se objeví informativní hláška o úspěšné instalaci.

Po úspěšné instalaci musíme systém spustit. Systém spustíme tlačítkem *START*, které je v hlavní nabídce. V případě, že bude chtít systém ihned ukončit stiskneme tlačítko *STOP* a

systém se zastaví. Jakmile je systém spuštěn je uživateli oznámen start tohoto systému formou výpisu na obrazovku. V hlavní nabídce můžeme vidět u současného profilu také IP adresu, na které je spuštěn náš operační systém Linux. Tuto adresu budeme potřebovat pro připojení do systému.

V závislosti na předchozí konfiguraci, zda jsme si nainstalovali GUI nebo SSH server si zvolíme metodu přihlášení do systému. V případě že máme GUI k dispozici využijeme pro přihlášení aplikaci *VNC Viewer*. Vytvoříme si nové připojení, do kterého zadáme adresu serveru, na kterém je spuštěn náš operační systém Linux viz obrázek 33. Po zadání adresy ještě musíme vyplnit přihlašovací údaje do systému, které jsme si zadali při samotné instalaci. Poté se již můžeme připojit do systému Linux Ubuntu. Na obrázku 34 můžeme vidět připojení do systému Linux Ubuntu pomocí aplikace *VNC Viewer*.

Pokud nemáme k dispozici grafické uživatelské rozhraní, připojíme se do systému pomocí SSH. Pro tento účel je nejlepší připojit se do systému pomocí osobního počítače. Pro připojení můžeme například využít program *Putty*. Stejně jako v předchozím případě zadáme adresu, na kterou se chceme připojit a potvrdíme. Pro přihlášení je nutné zadat přihlašovací údaj, které jsme si zadali při instalaci systému. Přihlášení můžeme vidět na obrázku 35 Po zadání těchto přihlašovacích údajů se již můžeme připojit do systému Linux Ubuntu. Na obrázku vidíme operační systém Linux Ubuntu do kterého jsme připojení přes program *Putty* 36.

### 8.3 Instalace operačního systému Windows 7

Pro instalaci operačního systému Windows 7 jsem zvolil mobilní telefon Asus Zenfone 2. Díky procesoru Intel Atom je tento telefon vhodný pro virtualizaci tohoto operačního systému.

Pro instalaci operačního systému Windows 7 budeme potřebovat odemčený zavaděč systému, administrátorská práva a kernel, který umožňuje virtualizaci. Odemčení zavaděče systému je popsáno v kapitole 6.2.4.2. Získání administrátorských práv je podrobně popsáno v kapitole 6.2.5.1. Podrobný postup instalace celého operačního systému Windows 7 je podrobně uveden v kapitole 6.3. Jsou zde uvedeny všechny potřebné informace a konfigurační soubory, které jsou nutné pro samotnou instalaci systému.

V příloze této práce je uvedena také fotodokumentace spuštěného operačního systému Windows 7 na zařízení Asus Zenfone 2.



## 9 Závěr

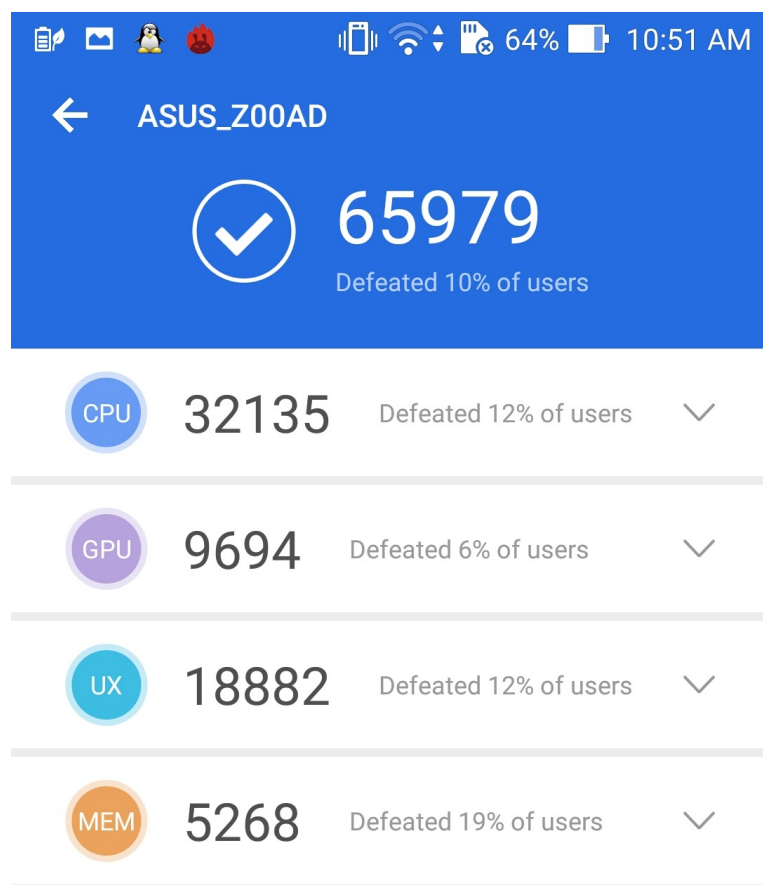
Cílem této práce bylo nainstalování a otestování desktopových operačních systémů na mobilní zařízení. V této práci jsem rozebral problematiku instalace desktopových operačních systémů na mobilní zařízení. Byla vysvětlena metoda virtualizace, kterou jsem využil při tvorbě této práce. Byly blíže popsány desktopové a mobilní operační systémy. Vysvětleny byly také rozdíly mezi různými procesorovými architekturami, které se používají v mobilních zařízeních. Uvedeny byly příklady mobilních zařízení, které umožňují instalaci a provozování desktopových operačních systémů. Podrobně byla popsána instalace operačních systémů Windows 95, Linux a Windows 7 na mobilní zařízení Google Pixel 2 a Asus Zenfone 2.

Provedeny byly také testy výkonu obou zařízení, které byly využity pro instalaci výše zmíněných operačních systémů. Nainstalované systémy byly prakticky vyzkoušeny. Vyzkoušel jsem běžně dostupné funkce každého operačního systému a práci s těmito systémy. Součástí této práce jsou také podrobné návody samotné instalace a potřebné konfigurace, které je možné využít ve cvičeních.

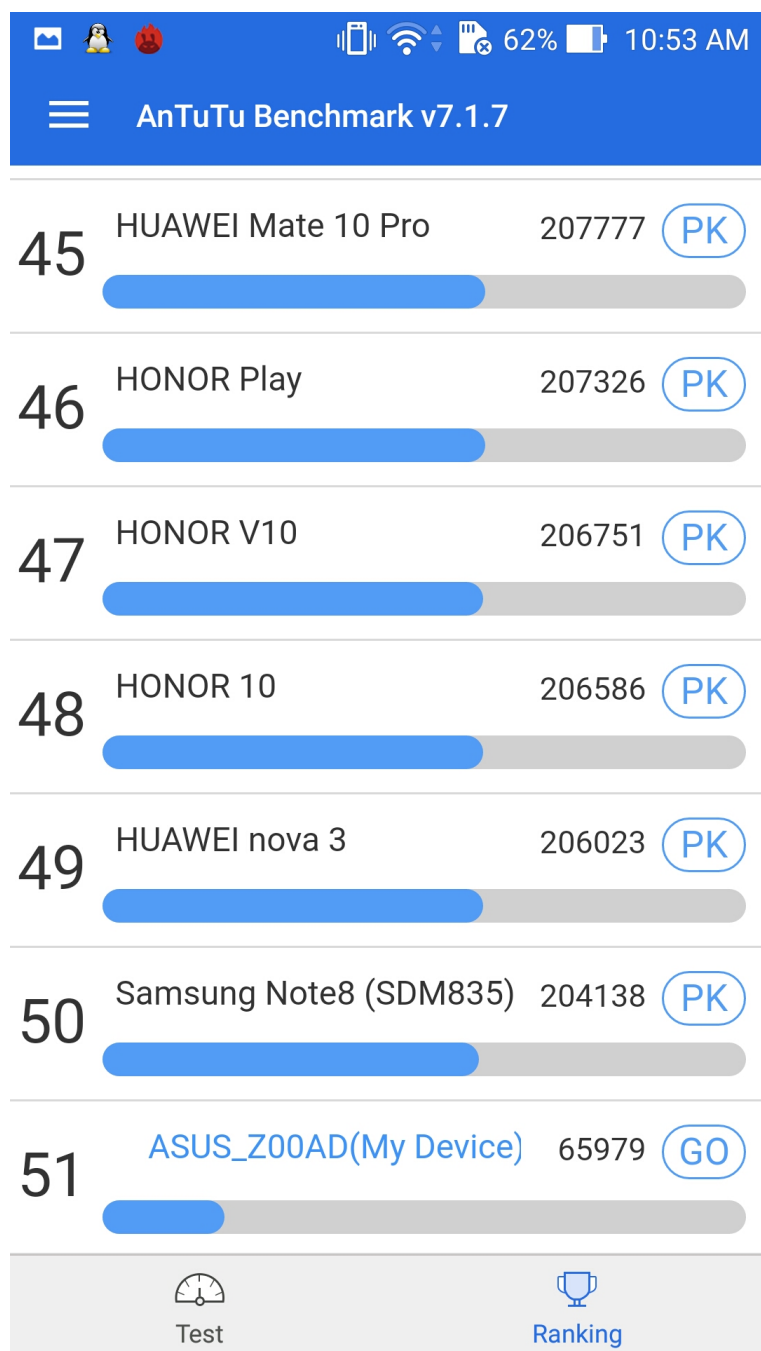
Při tvorbě této práce jsem se naučil pracovat s mobilními telefony Google Pixel 2 a Asus Zenfone 2. Konkrétně pak odemčení zavaděče a získání administrátorských práv pro zmíněné telefony. Naučil jsem se instalovat výše zmíněné operační systémy na tyto zařízení. Zjistil jsem, že provozování desktopových operačních systémů na mobilních zařízeních může být velice užitečné. Například při provozování operačního systému Linux je možné z mobilního zařízení vytvořit plnohodnotný server, na kterém můžou pracovat nejrůznější služby, kterých můžeme využít na každém místě, kde s sebou máme mobilní zařízení s takto nainstalovaným systémem.



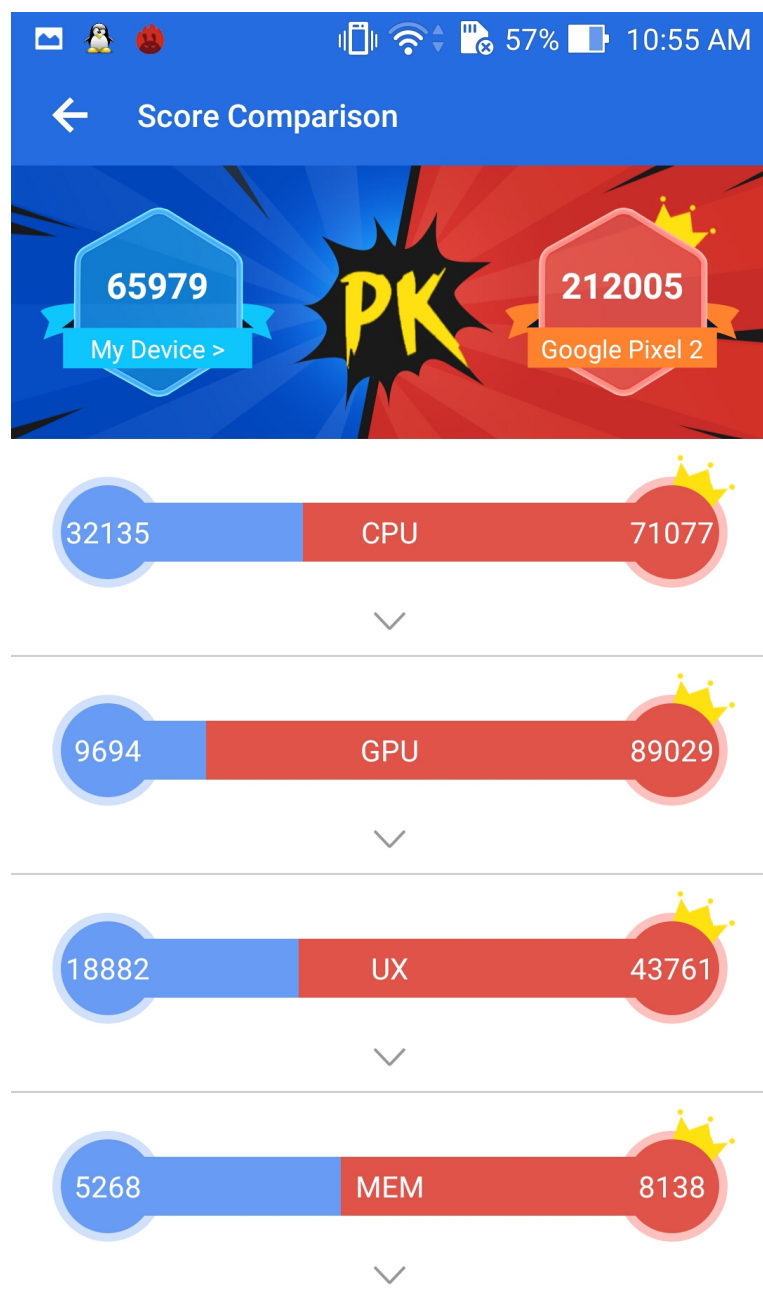
## A Obrázkové přílohy



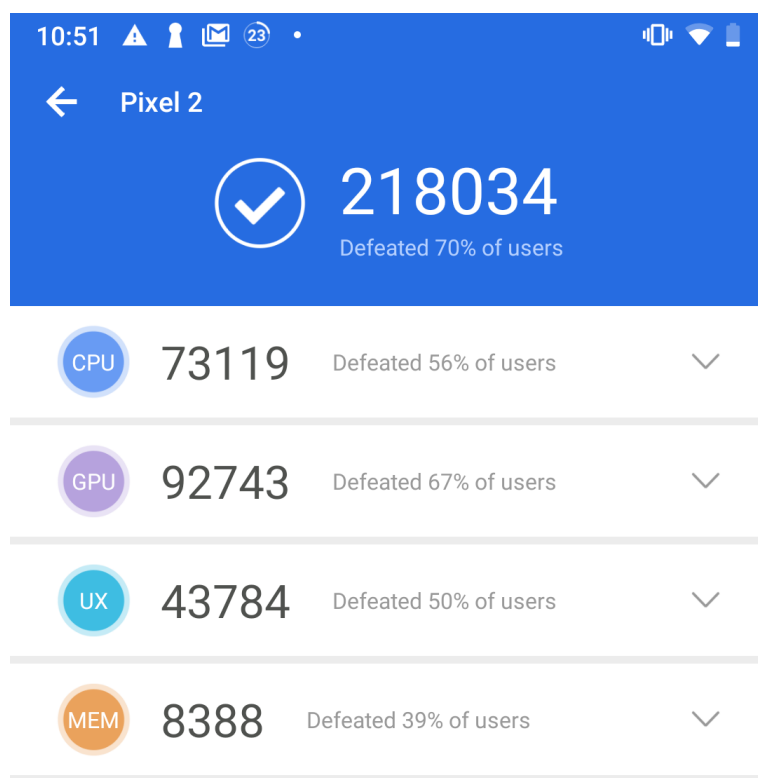
Obrázek 12: Výsledky testu výkonu mobilního telefonu Asus Zenfone 2 pomocí aplikace AnTuTu Benchmark



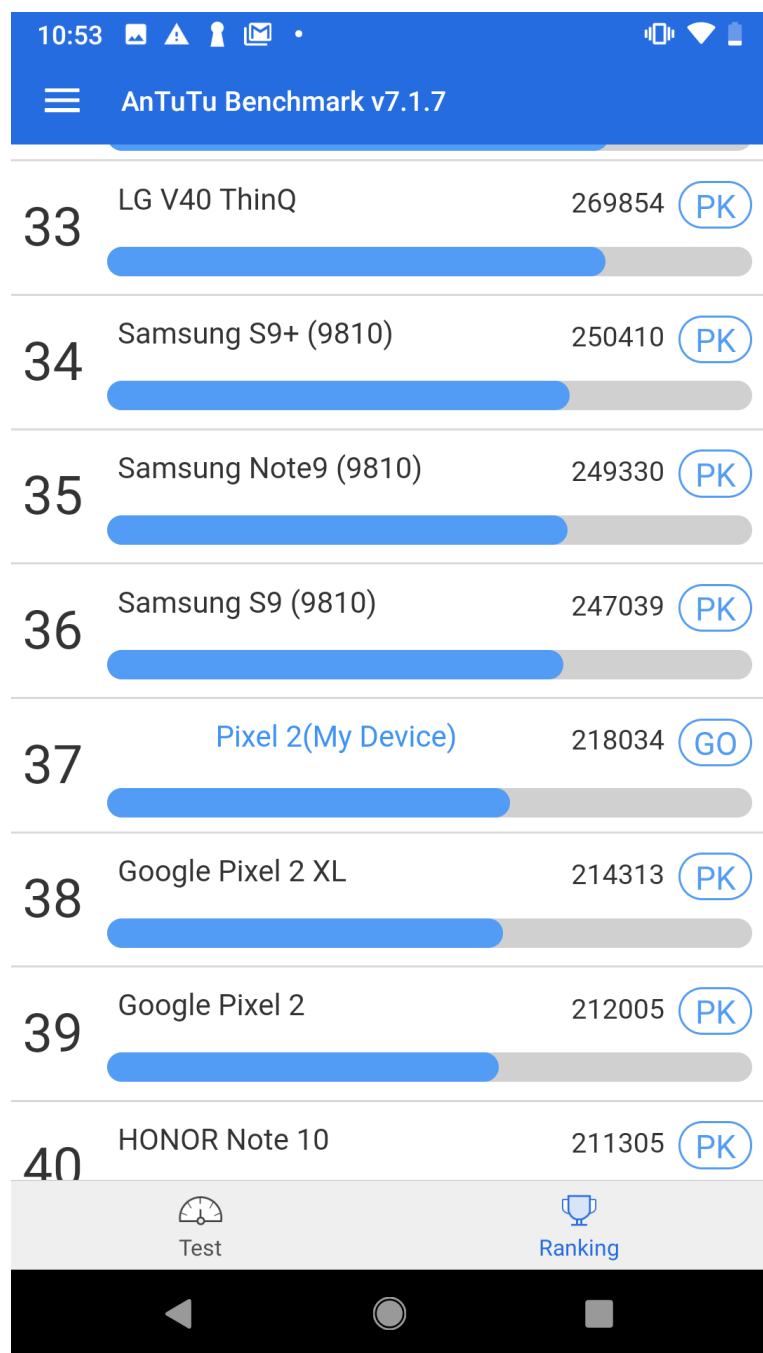
Obrázek 13: Tabulka umístění v žebříčku pro mobilní telefon Asus Zenfone 2



Obrázek 14: Porovnání telefonů Asus Zenfone 2 a Google Pixel 2



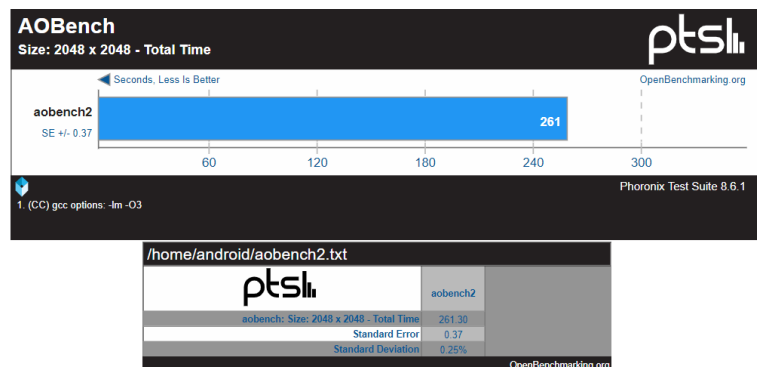
Obrázek 15: Výsledky testu výkonu mobilního telefonu Google Pixel 2 pomocí aplikace AnTuTu Benchmark



Obrázek 16: Tabulka umístění v žebříčku pro mobilní telefon Google Pixel 2

/home/android/aobench2.txt	
OpenBenchmarking.org	Phoronix Test Suite 8.6.1
Intel Atom Z3580 @ 1.83GHz (4 Cores)	Processor
4096MB	Memory
31GB BGND3R	Disk
psbfb	Graphics
Fedora 28	OS
3.10.20-x86_64_moor (x86_64)	Kernel
SurfaceFlinger	Display Server
GCC 8.0.1 20180324	Compiler
ext4	File-System
1080x1920	Screen Resolution
/home/android/aobench2.txt Benchmarks	
--build=x86_64-redhat-linux --disable-libunwind-exceptions --enable-__cxa_atexit --enable-bootstrap --enable-checking=release --enable-gnu-indirect-function --enable-gnu-unique-object --enable-initfini-array --enable-languages=c,c++,objc,obj-c++,fortran,ada,go,lto --enable-libmpx --enable-multilib --enable-offload-targets=nvptx-none --enable-plugin --enable-shared --enable-threads=posix --mandir=/usr/share/man --with-arch_32=i686 --with-gcc-major-version-only --with-isl --with-linker-hash-style=gnu --with-tune=generic --without-cuda-driver  - Scaling Governor: sfi-cpufreq interactive	
	System Logs
	OPC Classification

Obrázek 17: Seznam dostupných zdrojů telefonu Ausu Zenfone 2

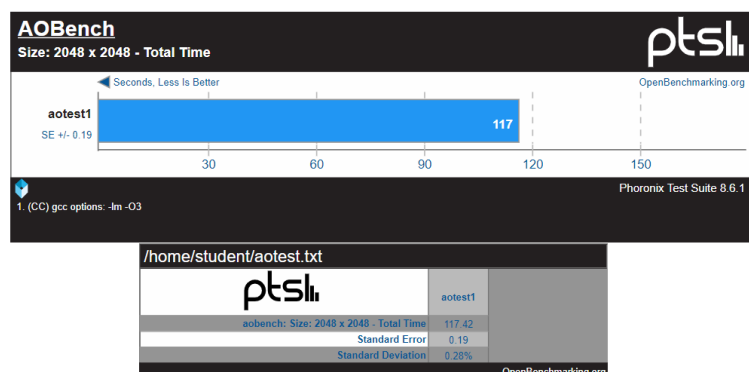


Obrázek 18: Výsledek AOBench testu telefonu Ausu Zenfone 2




/home/student/aotest.txt	
OpenBenchmarking.org	Phoronix Test Suite 8.6.1
ARMv8 rev 4 @ 1.90GHz (8 Cores)	Processor
Qualcomm MSM8998	Motherboard
4096MB	Memory
128GB H28U88301AMR	Disk
Ubuntu 16.04	OS
4.4.116-g62fd7c7873da (armv8l)	Kernel
SurfaceFlinger	Display Server
GCC 5.3.1 20160413	Compiler
ext4	File-System
1080x3840	Screen Resolution
/home/student/aotest.txt Benchmarks	
<pre> --build=arm-linux-gnueabi --disable-browser-plugin --disable-libitm --disable-libquadmath --disable-sjlj-exceptions --disable-werror --enable-checking=release --enable-clocale=gnu --enable-gnu-unique-object --enable-gtk-cairo --enable-java-awt=gtk --enable-java-home --enable-languages=c,ada,c++,java,go,d,fortran,objc,obj-c++ --enable-libstdc++-debug --enable-libstdc++-time=yes --enable-multiarch --enable-multilib --enable-multilib --enable-nls --enable-objc-gc --enable-plugin --enable-shared --enable-threads=posix --host=arm-linux-gnueabi --target=arm-linux-gnueabi --with-arch-directory=arm --with-arch=armv7-a --with-default-libstdc++-abi=new --with-float=hard --with-fpu=vfpv3-d16 --with-mode=thumb -v </pre>	
- Scaling Governor: msm schedutil	System Logs
	OPC Classification

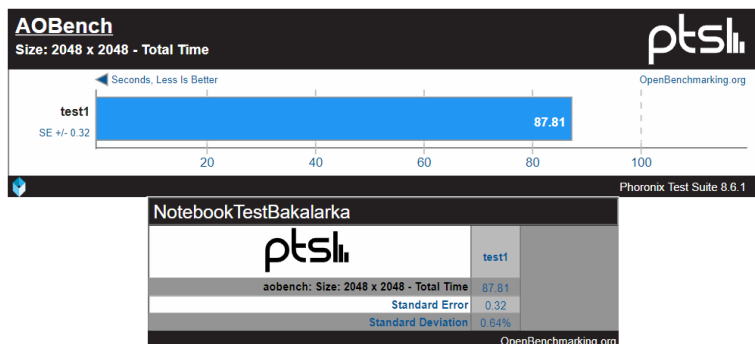
Obrázek 19: Seznam dostupných zdrojů telefonu Google Pixel 2



Obrázek 20: Výsledek AOBench testu telefonu Google Pixel 2

NotebookTestBakalarka	
PHORONIX-TEST-SUITE.COM	Phoronix Test Suite 5.2.1
Intel Core i7-3630QM @ 3.40GHz (8 Cores)	Processor
Type2- Board Vendor Name1 VA70_HC	Motherboard
Intel 3rd Gen Core DRAM	Chipset
14336MB	Memory
160GB Western Digital WD1600BJKT-7 + 240GB KINGSTON SA400S3	Disk
Intel 3rd Gen Core 2048MB	Graphics
Realtek ALC271X	Audio
Qualcomm Atheros AR8151 v2.0 Gigabit + Qualcomm Atheros AR9462 Wireless	Network
Ubuntu 18.04	OS
4.15.0-34-generic (i686)	Kernel
MATE 1.20.1	Desktop
modetesting 1.19.6	Display Driver
4.2 Mesa 18.0.0-rc5	OpenGL
ext4	File System
1920x1080	Screen Resolution
- Scaling Governor: intel_pstate powersave	
	

Obrázek 21: Seznam dostupných zdrojů notebooku Acer Aspire V3-771G



Obrázek 22: Výsledek AOBench testu notebooku Acer Aspire V3-771G

```
[root@localhost android]# stress-ng --cpu 4 --cpu-method pi --metrics-brief
erf -t 60
stress-ng: info: [S154] dispatching hogs: 4 cpu
stress-ng: info: [S154] successful run completed in 60.00s (1 min, 0.00 secs)
stress-ng: info: [S154] stressor      bogo ops real time usr time sys time      bogo ops/s      bogo ops/s
stress-ng: info: [S154]              (secs)      (secs)      (secs)      (real time) (usr+sys time)
stress-ng: info: [S154] cpu          44269294      60.00      236.65      0.07      737820.61      187011.21
stress-ng: info: [S154] cpu:
stress-ng: info: [S154] 553015572412 CPU Cycles          9.22 B/sec
stress-ng: info: [S154] 215220280580 Instructions        3.59 B/sec (0.389 instr. per cycle)
stress-ng: info: [S154] 11537888 Cache References        0.19 M/sec
stress-ng: info: [S154] 366888 Cache Misses            6.11 K/sec ( 3.18%)
stress-ng: info: [S154] 16404999232 Branch Instructions    0.27 B/sec
stress-ng: info: [S154] 604053768 Branch Misses          10.07 M/sec ( 3.68%)
stress-ng: info: [S154] 19750154524 Bus Cycles           0.33 B/sec
stress-ng: info: [S154] 316006617396 Total Cycles         5.27 B/sec
stress-ng: info: [S154] 60 Page Faults Minor           1.00 /sec
stress-ng: info: [S154] 0 Page Faults Major            0.00 /sec
stress-ng: info: [S154] 1108 Context Switches         18.47 /sec
stress-ng: info: [S154] 12 CPU Migrations             0.20 /sec
stress-ng: info: [S154] 0 Alignment Faults             0.00 /sec
[root@localhost android]#
```

Obrázek 23: Výsledek počítání čísla  $\pi$  nástrojem *stress-ng* pro telefon Asus Zenfone 2

```
[root@localhost android]# stress-ng --cpu 4 --cpu-method matrixprod --metrics-brief
f --perf -t 60
stress-ng: info: [S103] dispatching hogs: 4 cpu
stress-ng: info: [S103] successful run completed in 60.02s (1 min, 0.02 secs)
stress-ng: info: [S103] stressor      bogo ops real time usr time sys time      bogo ops/s      bogo ops/s
stress-ng: info: [S103]              (secs)      (secs)      (secs)      (real time) (usr+sys time)
stress-ng: info: [S103] cpu          11867      60.01      233.99      0.37      197.76      50.64
stress-ng: info: [S103] cpu:
stress-ng: info: [S103] 449626206248 CPU Cycles          7.47 B/sec
stress-ng: info: [S103] 215220428348 Instructions        3.59 B/sec (0.480 instr. per cycle)
stress-ng: info: [S103] 50020162160 Cache References        0.83 B/sec
stress-ng: info: [S103] 230579876 Cache Misses            3.84 M/sec ( 0.46%)
stress-ng: info: [S103] 26686946540 Branch Instructions    0.44 B/sec
stress-ng: info: [S103] 203826160 Branch Misses          3.40 M/sec ( 0.76%)
stress-ng: info: [S103] 19832318976 Bus Cycles           0.33 B/sec
stress-ng: info: [S103] 317330093400 Total Cycles         5.29 B/sec
stress-ng: info: [S103] 788 Page Faults Minor           13.13 /sec
stress-ng: info: [S103] 0 Page Faults Major            0.00 /sec
stress-ng: info: [S103] 3692 Context Switches         61.52 /sec
stress-ng: info: [S103] 24 CPU Migrations             0.40 /sec
stress-ng: info: [S103] 0 Alignment Faults             0.00 /sec
[root@localhost android]#
```

Obrázek 24: Výsledek počítání matice nástrojem *stress-ng* pro telefon Asus Zenfone 2

```

student@localhost:~$ stress-ng --cpu 4 --cpu-method pi --metrics-brief --perf -t 60
stress-ng: info: [17786] dispatching hogs: 4 cpu
stress-ng: info: [17786] cache allocate: default cache size: 1024K
stress-ng: info: [17786] successful run completed in 60.01s (1 min, 0.01 secs)
stress-ng: info: [17786] stressor      bogo ops real time  usr time  sys time   bogo ops/s   bogo ops/s
stress-ng: info: [17786]                (secs)      (secs)      (secs)    (real time) (usr+sys time)
stress-ng: info: [17786] cpu          277112432      60.00    239.32      0.03   4618552.63   1157770.76
stress-ng: info: [17786] perf counters are not available on this device
student@localhost:~$

```

Obrázek 25: Výsledek počítání čísla  $\pi$  nástrojem *stress-ng* pro telefon Google Pixel 2

```

student@localhost:~$ stress-ng --cpu 4 --cpu-method matrixprod --metrics-brief --perf -t 60
stress-ng: info: [16576] dispatching hogs: 4 cpu
stress-ng: info: [16576] cache allocate: default cache size: 1024K
stress-ng: info: [16576] successful run completed in 60.02s (1 min, 0.02 secs)
stress-ng: info: [16576] stressor      bogo ops real time  usr time  sys time   bogo ops/s   bogo ops/s
stress-ng: info: [16576]                (secs)      (secs)      (secs)    (real time) (usr+sys time)
stress-ng: info: [16576] cpu          23209          60.00    239.20      0.00     386.80      97.03
stress-ng: info: [16576] perf counters are not available on this device
student@localhost:~$

```

Obrázek 26: Výsledek počítání matice nástrojem *stress-ng* pro telefon Google Pixel 2

```

student@student-HP-ProBook-4528s:~$ stress-ng --cpu 4 --cpu-method pi --metrics-brief --perf -t 60
stress-ng: info: [3495] dispatching hogs: 4 cpu
stress-ng: info: [3495] successful run completed in 60.00s (1 min, 0.00 secs)
stress-ng: info: [3495] stressor      bogo ops real time  usr time  sys time   bogo ops/s   bogo ops/s
stress-ng: info: [3495]                (secs)      (secs)      (secs)    (real time) (usr+sys time)
stress-ng: info: [3495] cpu          115635631      60.00    239.97      0.00   1927264.67   481875.36
stress-ng: info: [3495] Cannot read perf counters, do not have CAP_SYS_ADMIN capability or /proc/sys/kernel/perf_event_max_pid is set too high (3)
student@student-HP-ProBook-4528s:~$

```

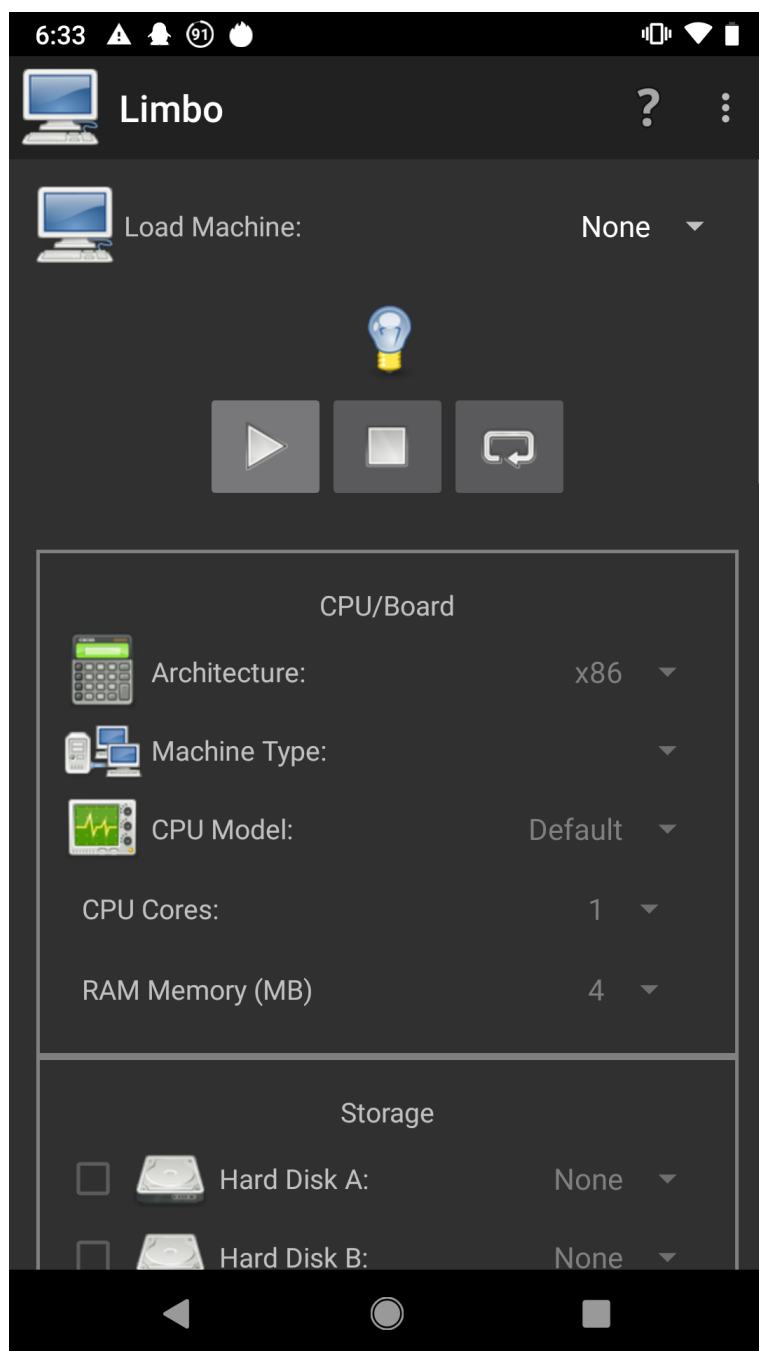
Obrázek 27: Výsledek počítání čísla  $\pi$  nástrojem *stress-ng* pro notebook Acer Aspire V3-771G

```

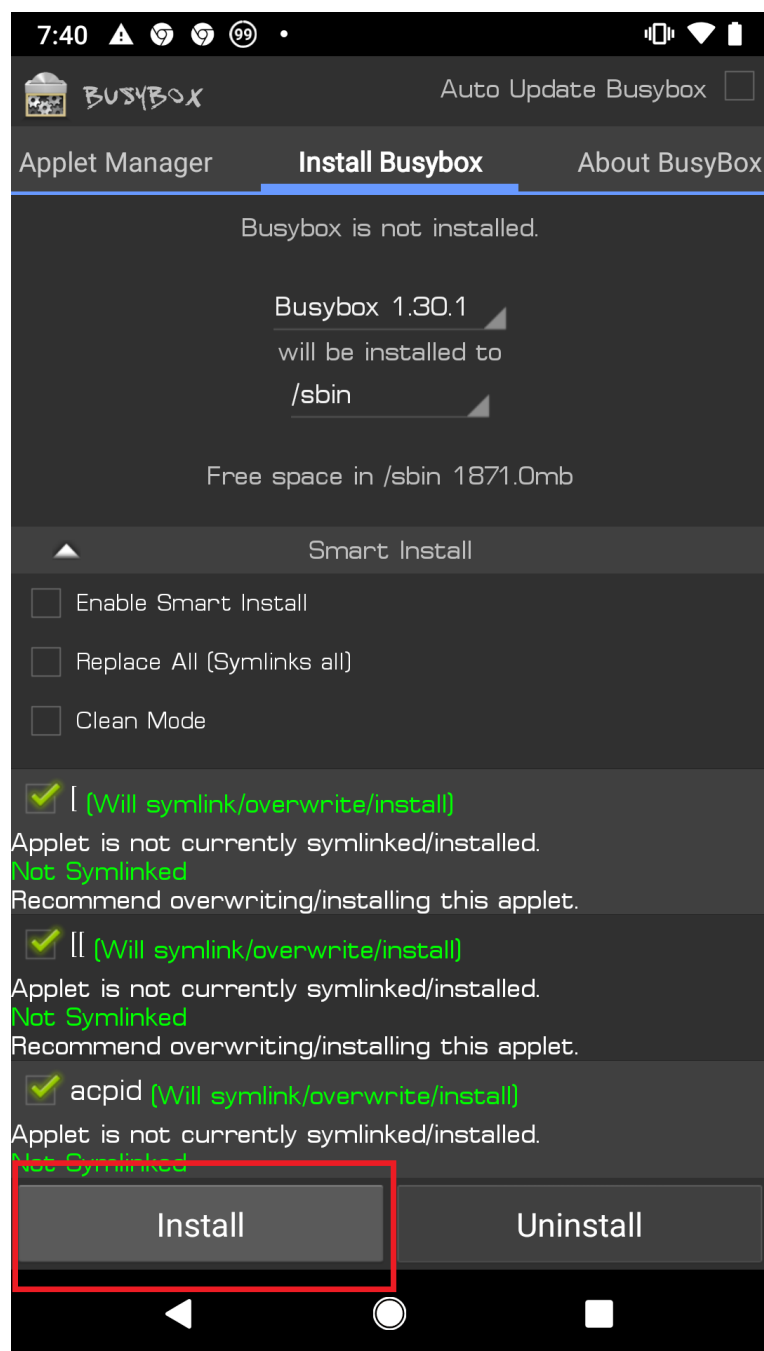
student@student-HP-ProBook-4528s:~$ stress-ng --cpu 4 --cpu-method matrixprod --metrics-brief --perf -t 60
stress-ng: info: [3193] dispatching hogs: 4 cpu
stress-ng: info: [3193] successful run completed in 60.00s (1 min, 0.00 secs)
stress-ng: info: [3193] stressor      bogo ops real time  usr time  sys time   bogo ops/s   bogo ops/s
stress-ng: info: [3193]                (secs)      (secs)      (secs)    (real time) (usr+sys time)
stress-ng: info: [3193] cpu          64258          60.00    239.99      0.00    1070.91     267.75
stress-ng: info: [3193] Cannot read perf counters, do not have CAP_SYS_ADMIN capability or /proc/sys/kernel/perf_event_max_pid is set too high (3)
student@student-HP-ProBook-4528s:~$

```

Obrázek 28: Výsledek počítání matice nástrojem *stress-ng* pro notebook Acer Aspire V3-771G



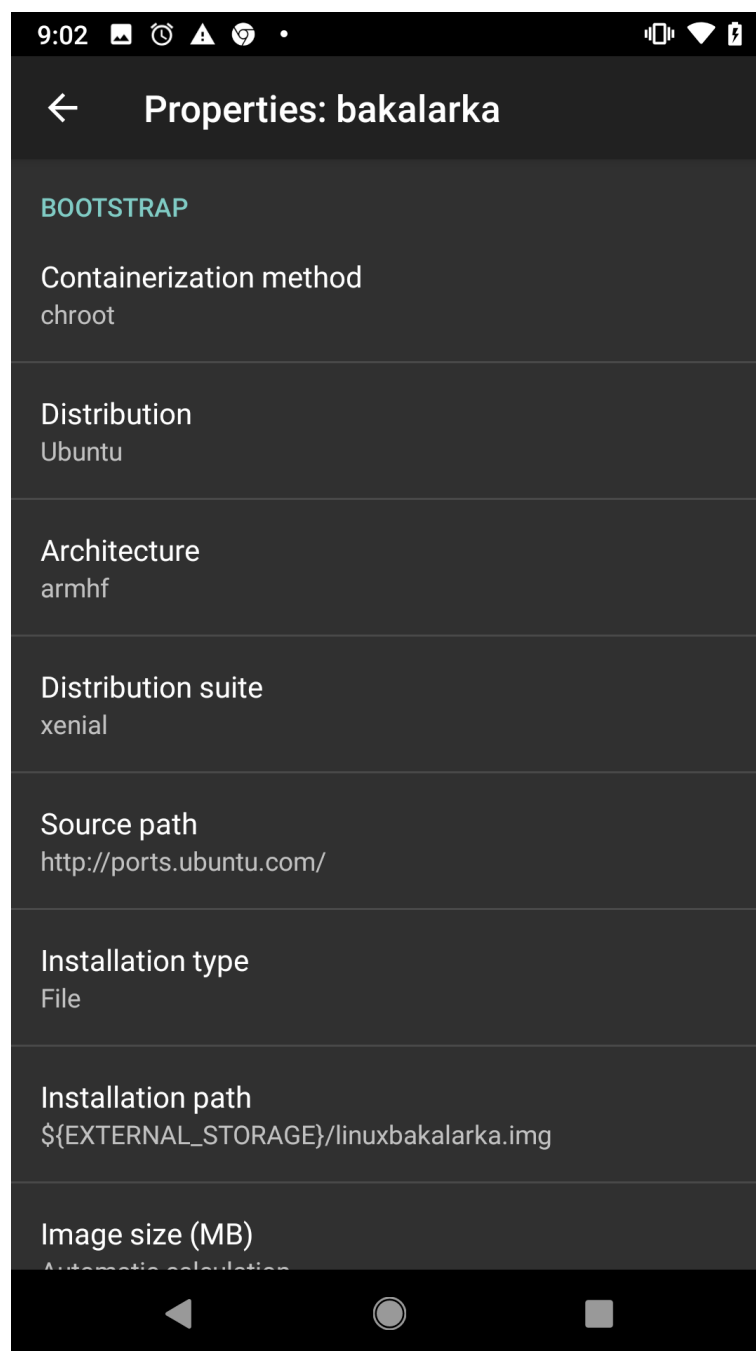
Obrázek 29: Hlavní menu aplikace Limbo PC Emulator



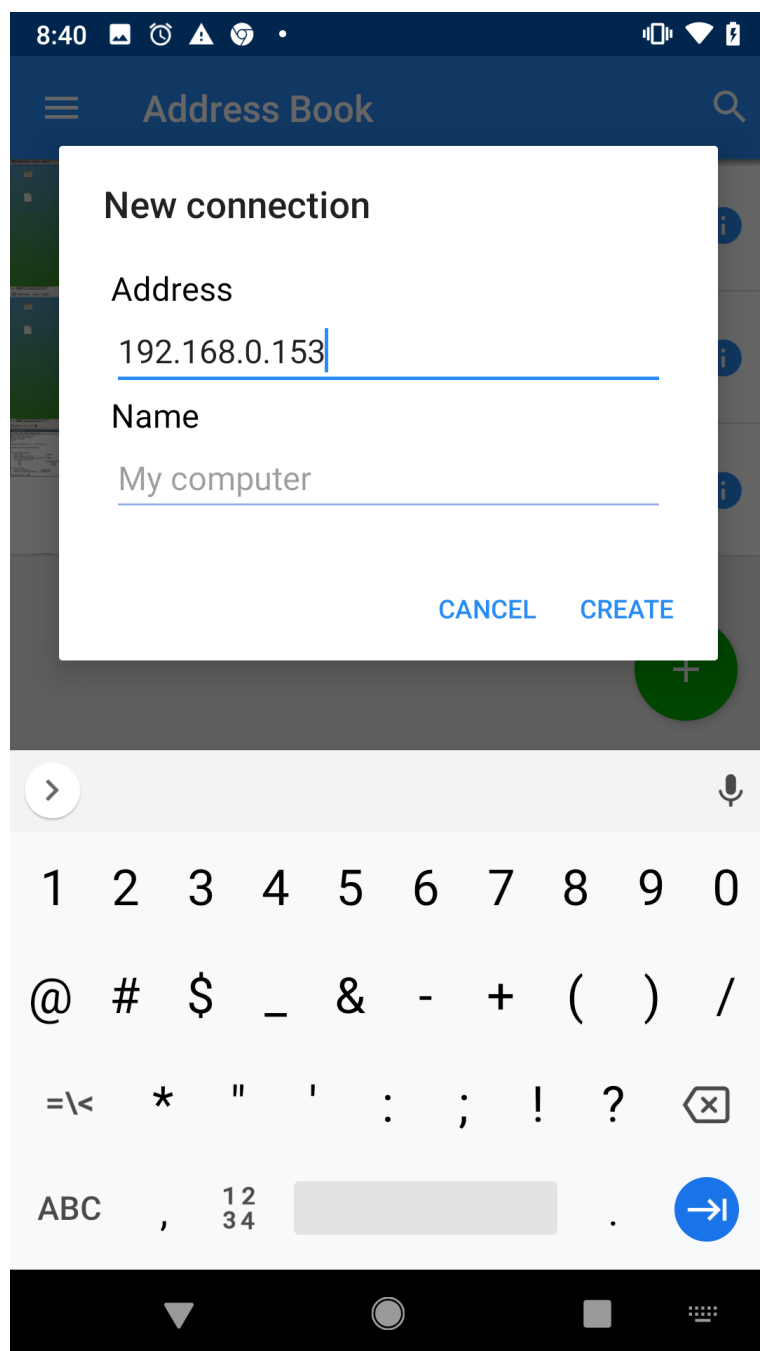
Obrázek 30: Hlavní menu aplikace BusyBox



Obrázek 31: Hlavní menu aplikace Linux Deploy

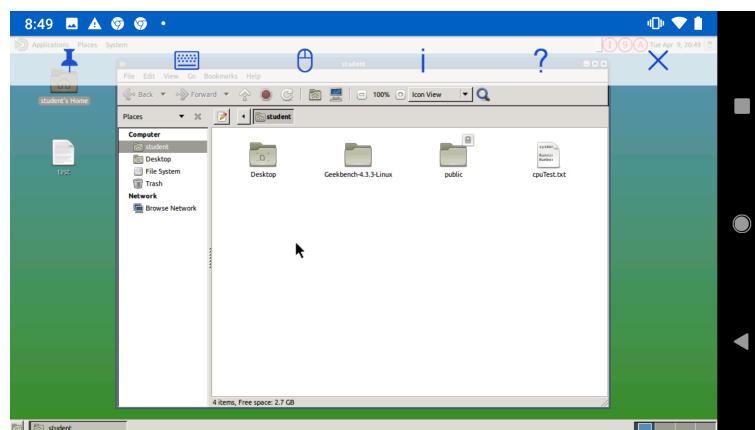


Obrázek 32: Zálložka „Settings“ aplikace Linux Deploy

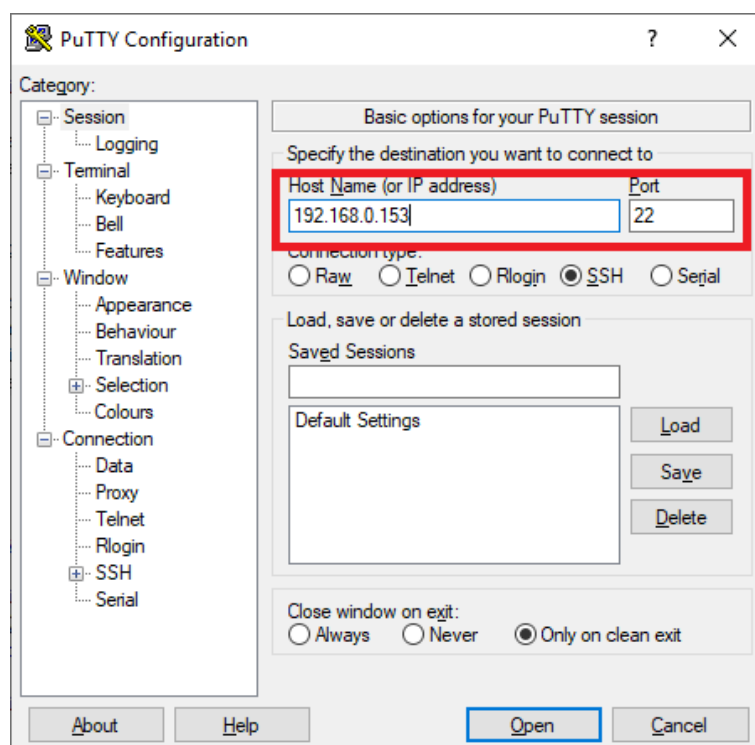


Obrázek 33: Připojení do systému Linux přes aplikace VNC Viewer

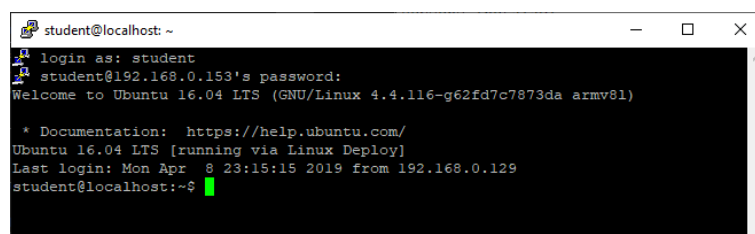




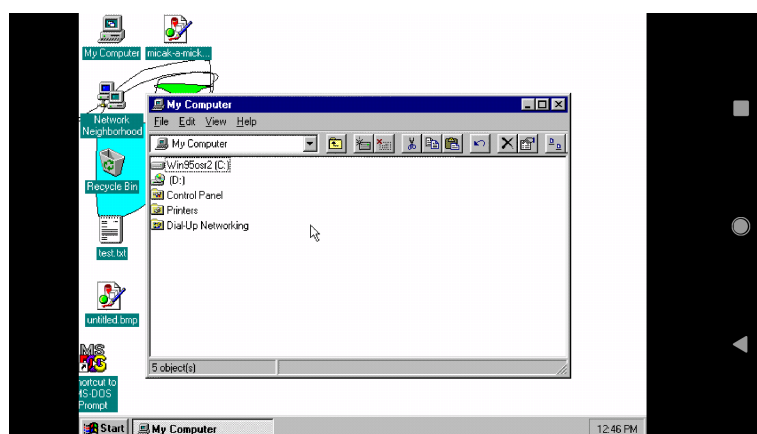
Obrázek 34: Operační systém Linux Ubuntu připojený přes VNC Viewer



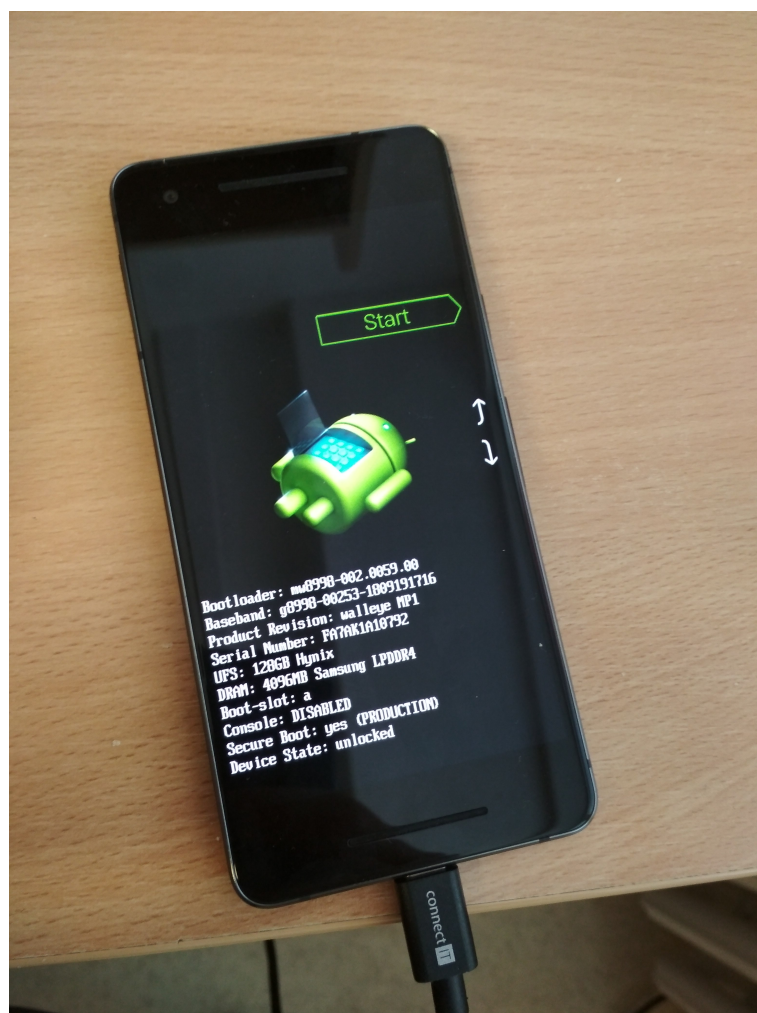
Obrázek 35: Připojení do operačního systému Linux přes program Putty



Obrázek 36: Operační systém Linux Ubuntu připojený přes program Putty



Obrázek 37: Operační systém Windows 95 spuštěný přes aplikaci Limbo PC Emulator



Obrázek 38: Boot mód telefonu Google Pixel 2

```
Administrator: Příkazový řádek
is updated.

environmental variables:
ADB_TRACE          - Print debug information. A comma separated list of the following values
                    1 or all, adb, sockets, packets, rux, usb, sync, sysdeps, transport, jdwp
ANDROID_SERIAL     - The serial number to connect to. -s takes priority over this if given.
ANDROID_LOG_TAGS   - When used with the logcat option, only these debug tags are printed.

C:\adb>adb devices
list of devices attached
FA7AK1A18792      device

C:\adb>adb reboot bootloader

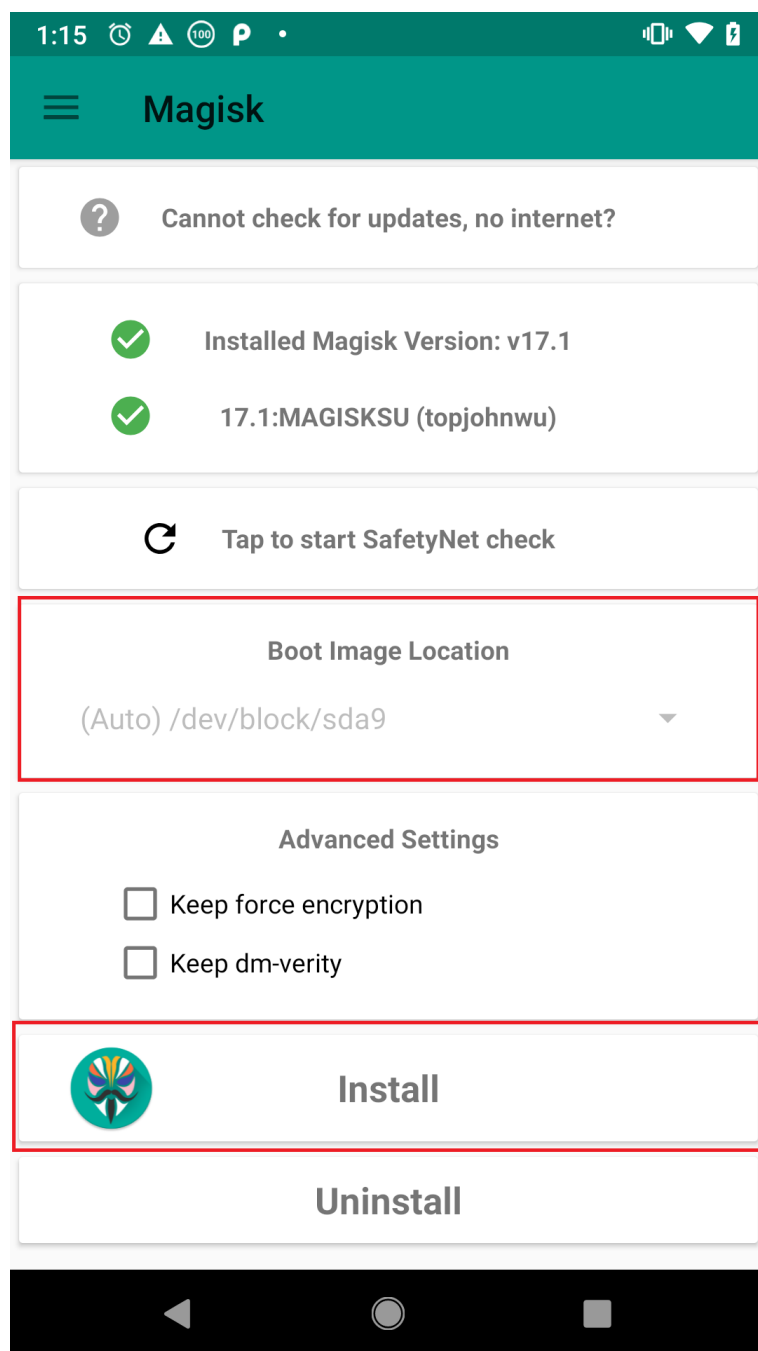
C:\adb>fastboot flashing unlock
'fastboot' is not recognized as an internal or external command,
operable program or batch file.

C:\adb>fastboot flashing unlock
...
FAILED (remote:      Device already : unlocked!)
finished. total time: 0.000s

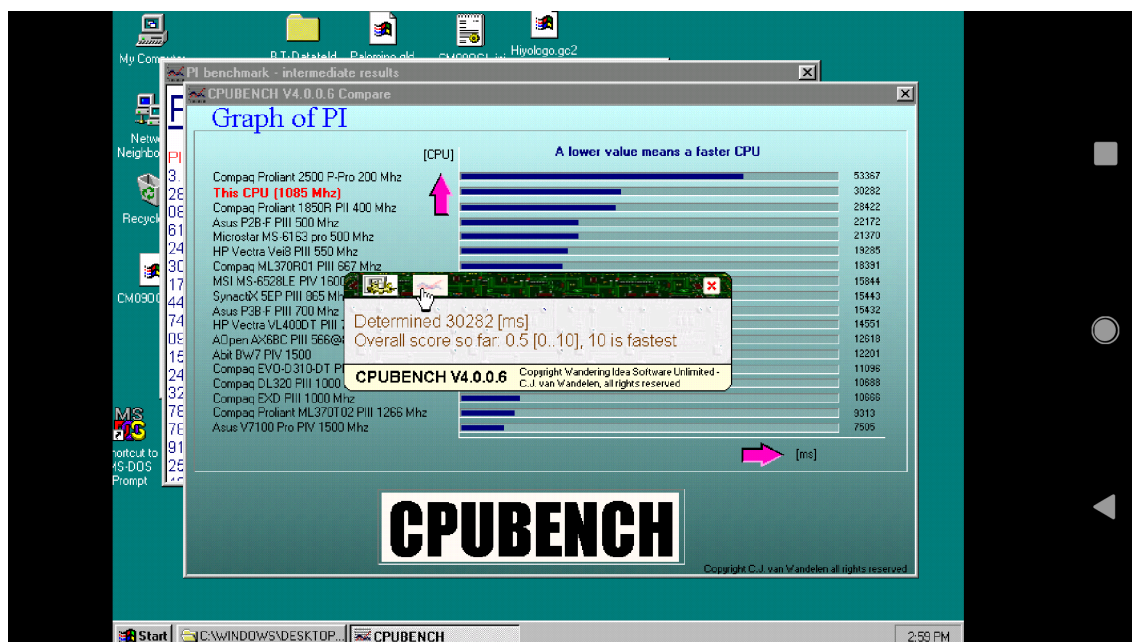
C:\adb>fastboot reboot
rebooting...
finished. total time: 0.000s

C:\adb>
```

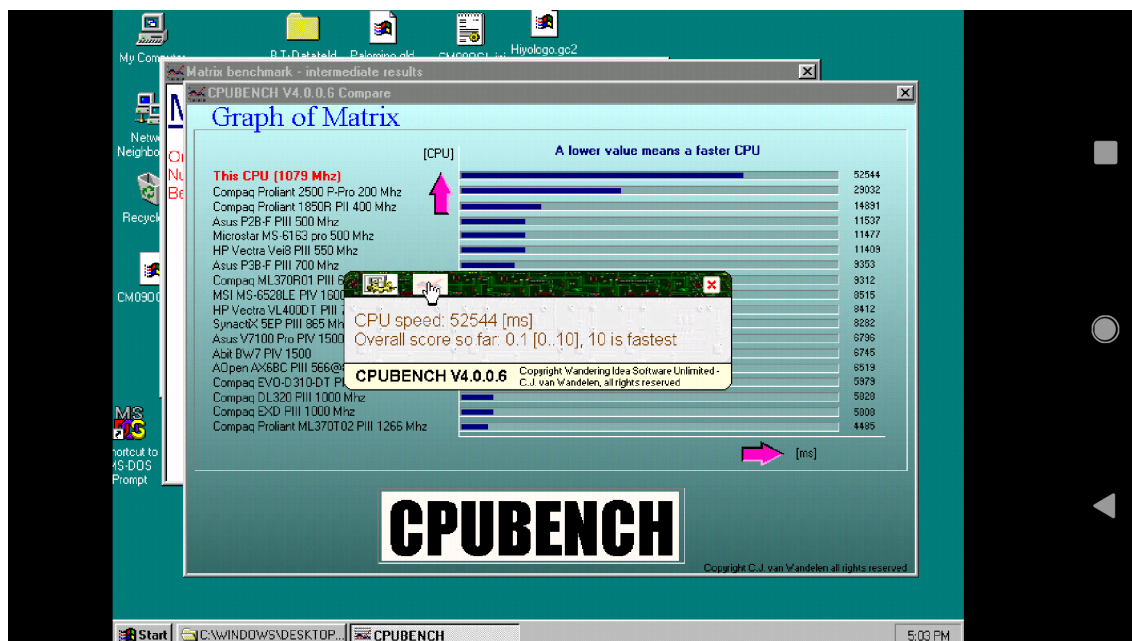
Obrázek 39: Příkazy pro odemčení zavaděče telefonu Google Pixel 2



Obrázek 40: Aplikace Magisk Manager APK



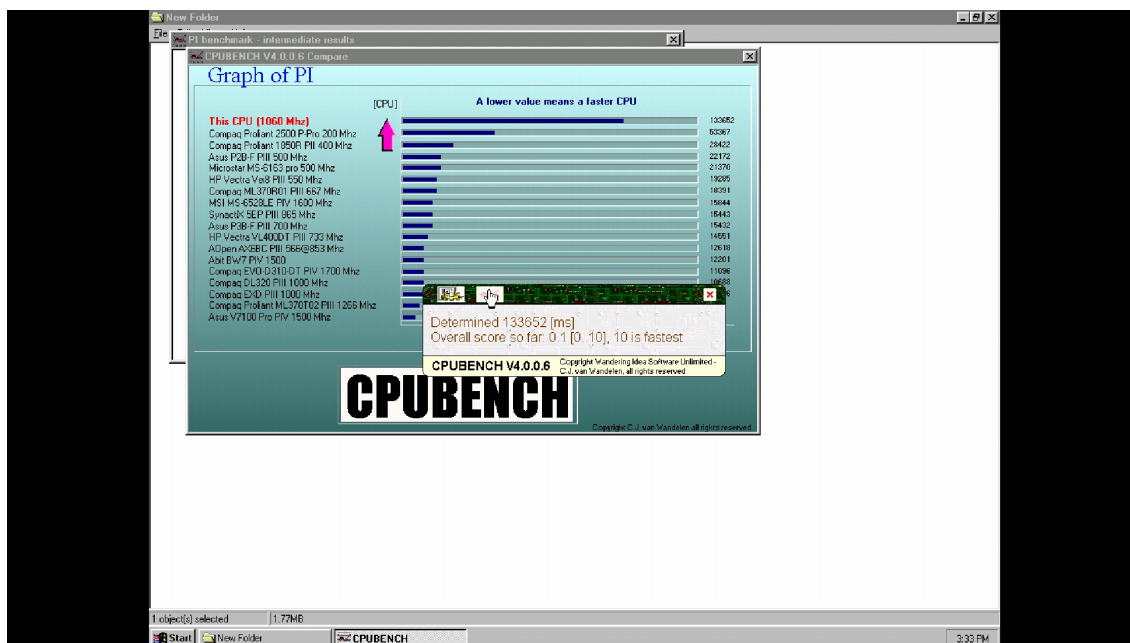
Obrázek 41: Výpočet čísla  $\pi$  na systému Windows 95 spuštěném na telefonu Google Pixel 2



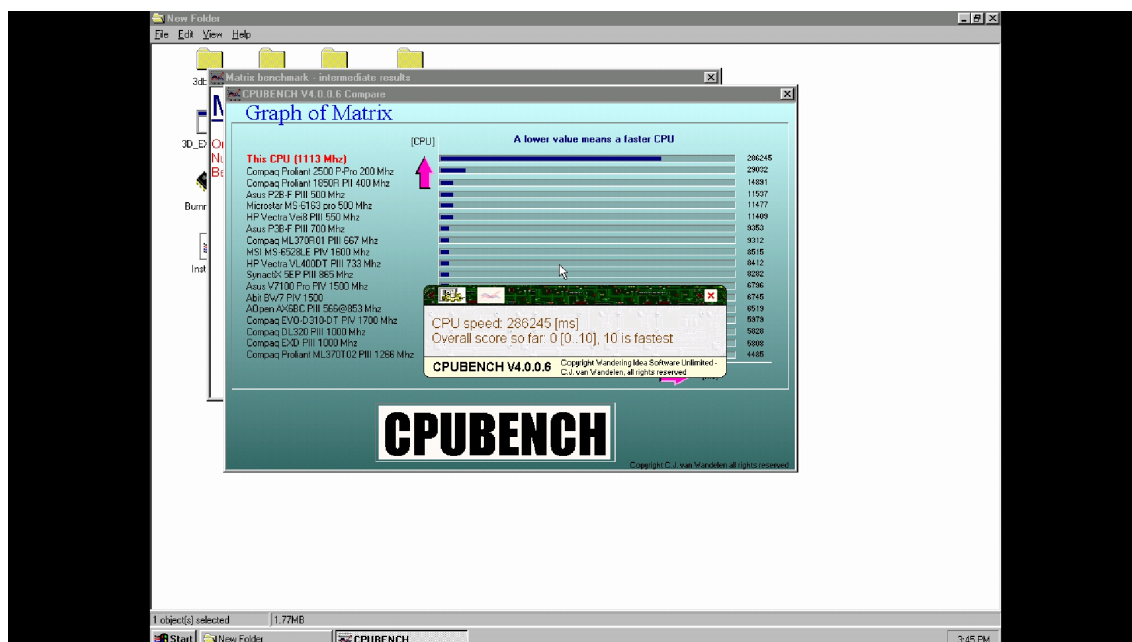
Obrázek 42: Výpočet matice na systému Windows 95 spuštěném na telefonu Google Pixel 2



Obrázek 43: Grafický test na sytému Windows 95 spuštěném na telefonu Google Pixel 2



Obrázek 44: Výpočet čísla Pí na sytému Windows 95 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2

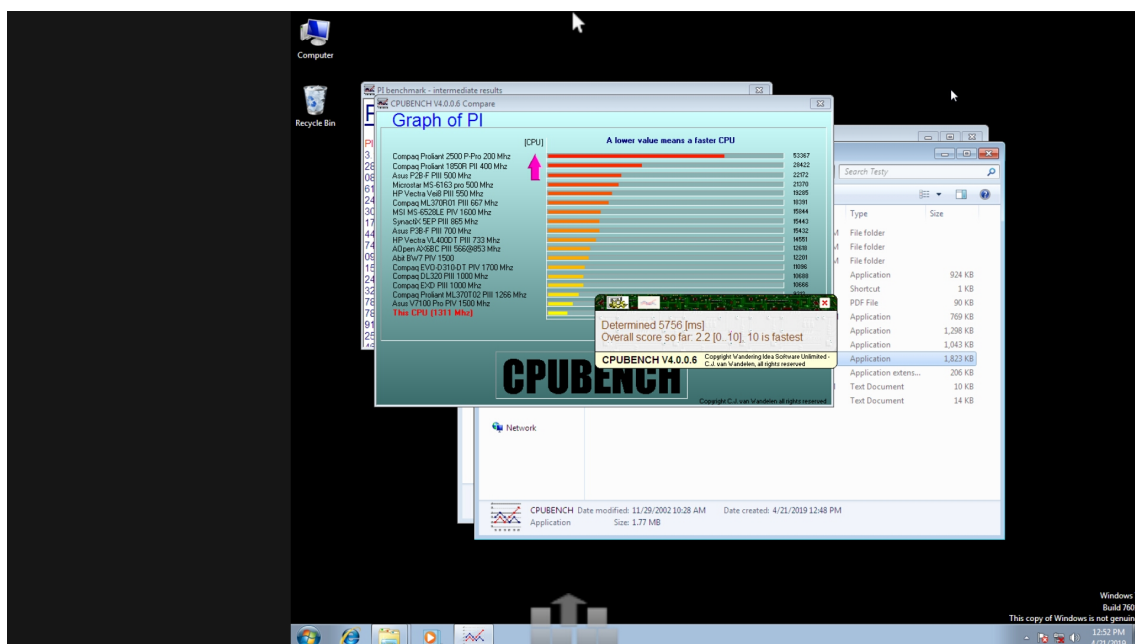


Obrázek 45: Výpočet matice na systému Windows 95 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2

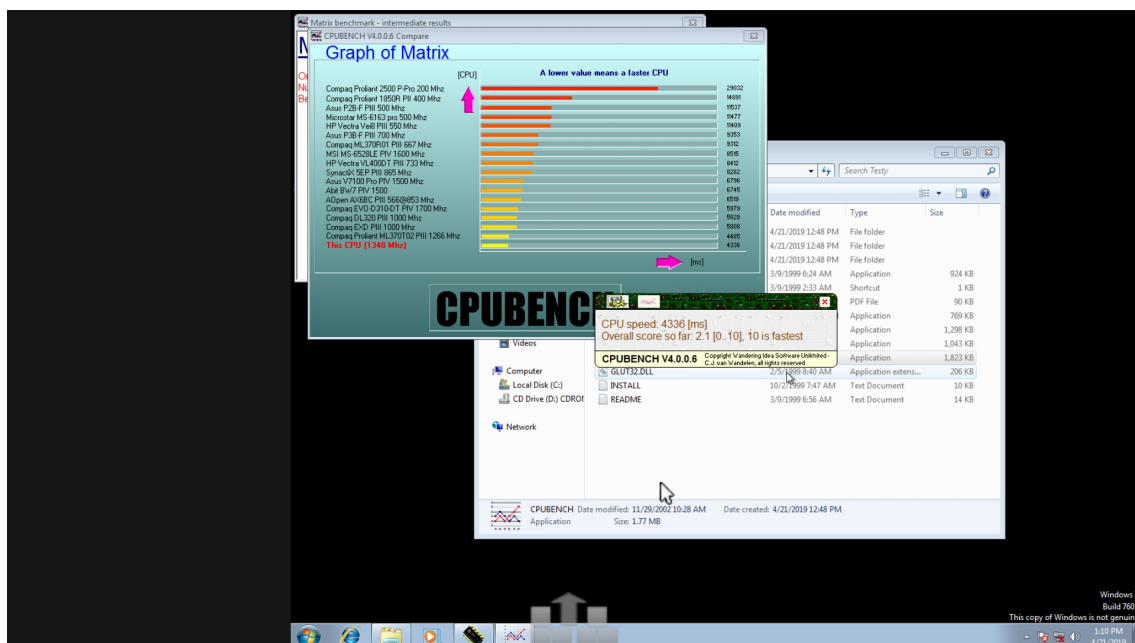


Obrázek 46: Grafický test na systému Windows 95 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2



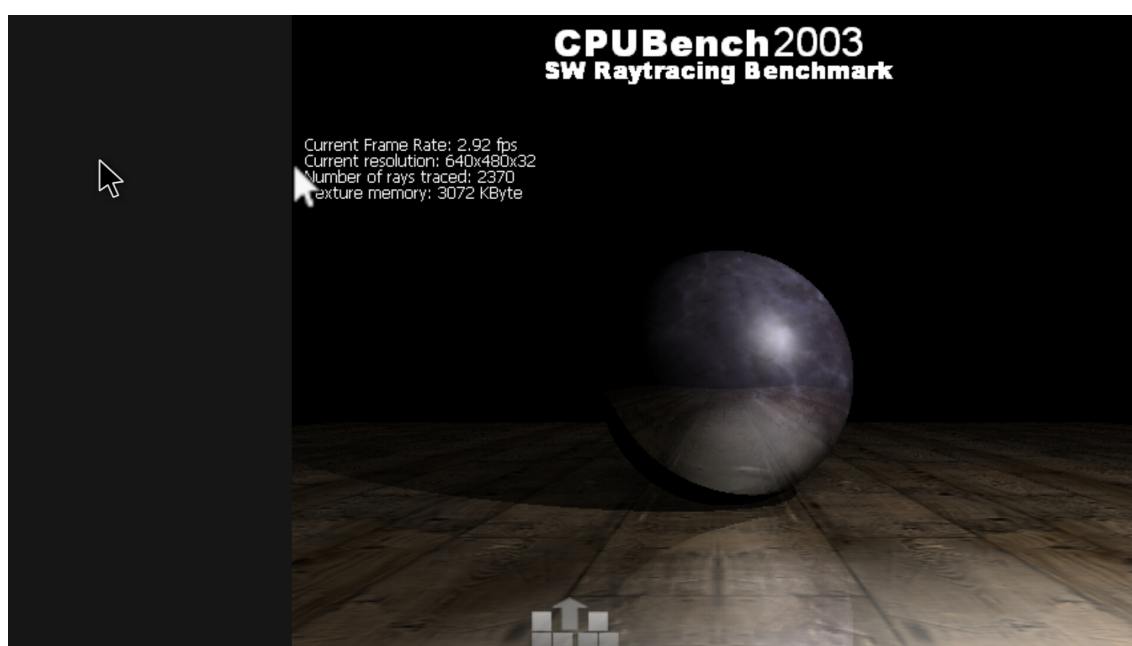


Obrázek 47: Výpočet čísla  $\pi$  na systému Windows 7 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2



Obrázek 48: Výpočet matice na systému Windows 7 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2





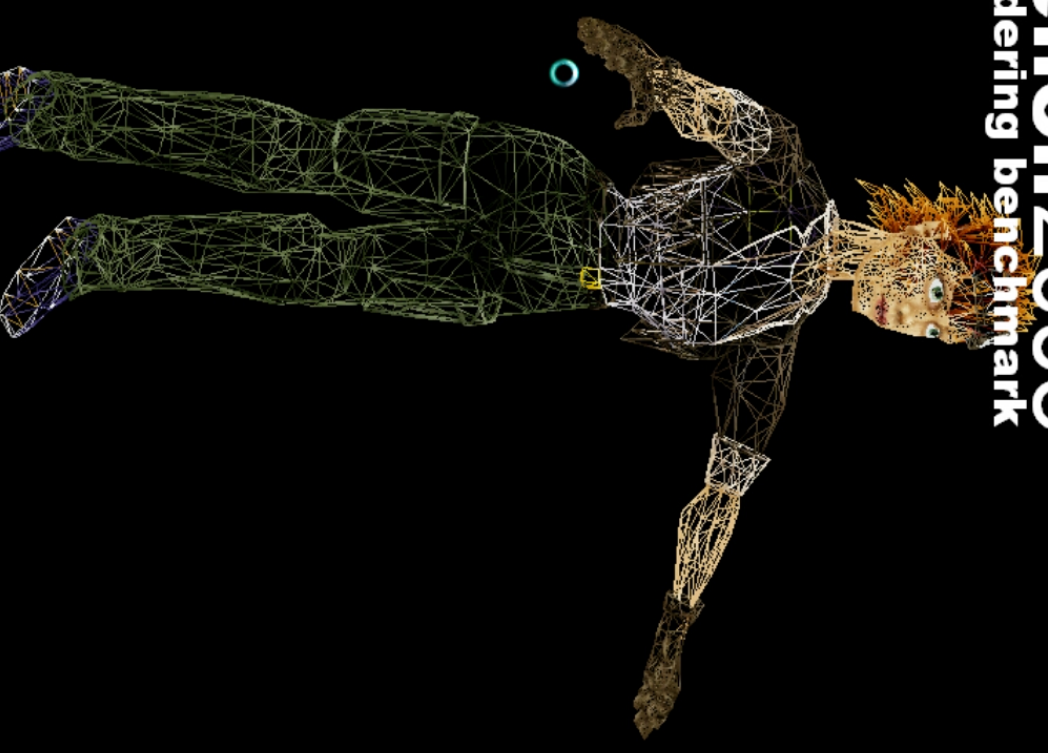
Obrázek 49: Grafický test 1 na systému Windows 7 spuštěném na telefonu Asus Zenfone 2

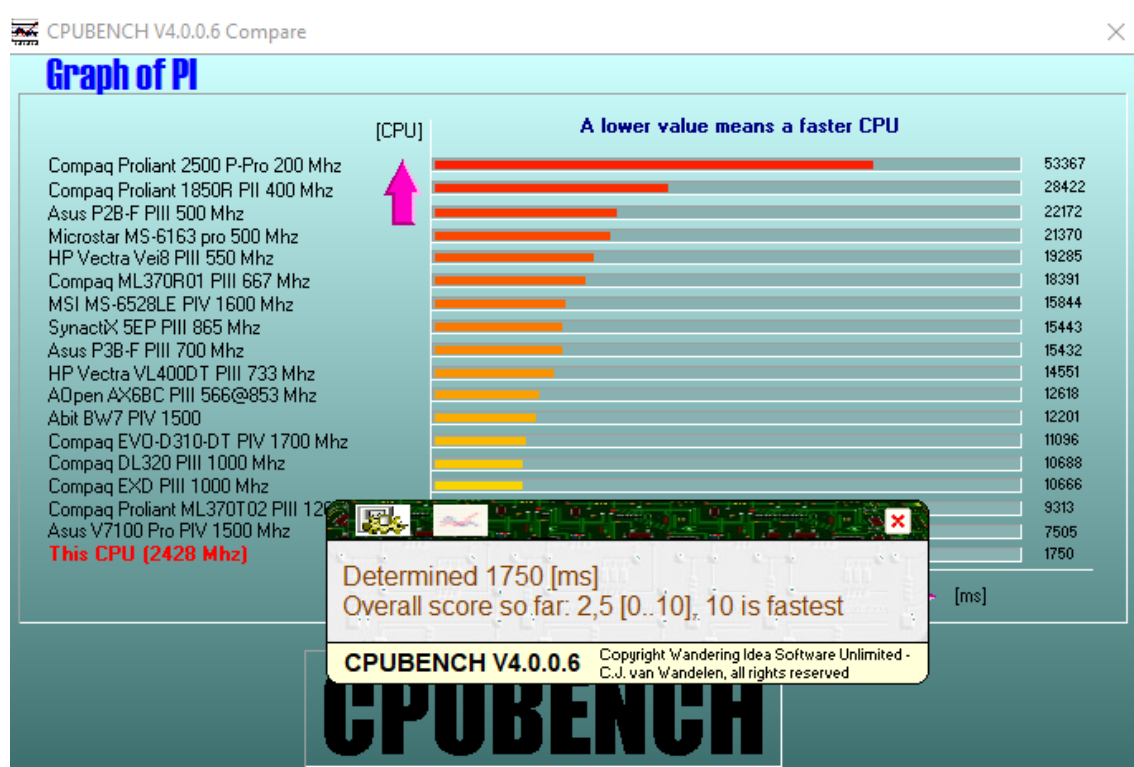
# CPU Bench 2003

## D3D SW Rendering benchmark

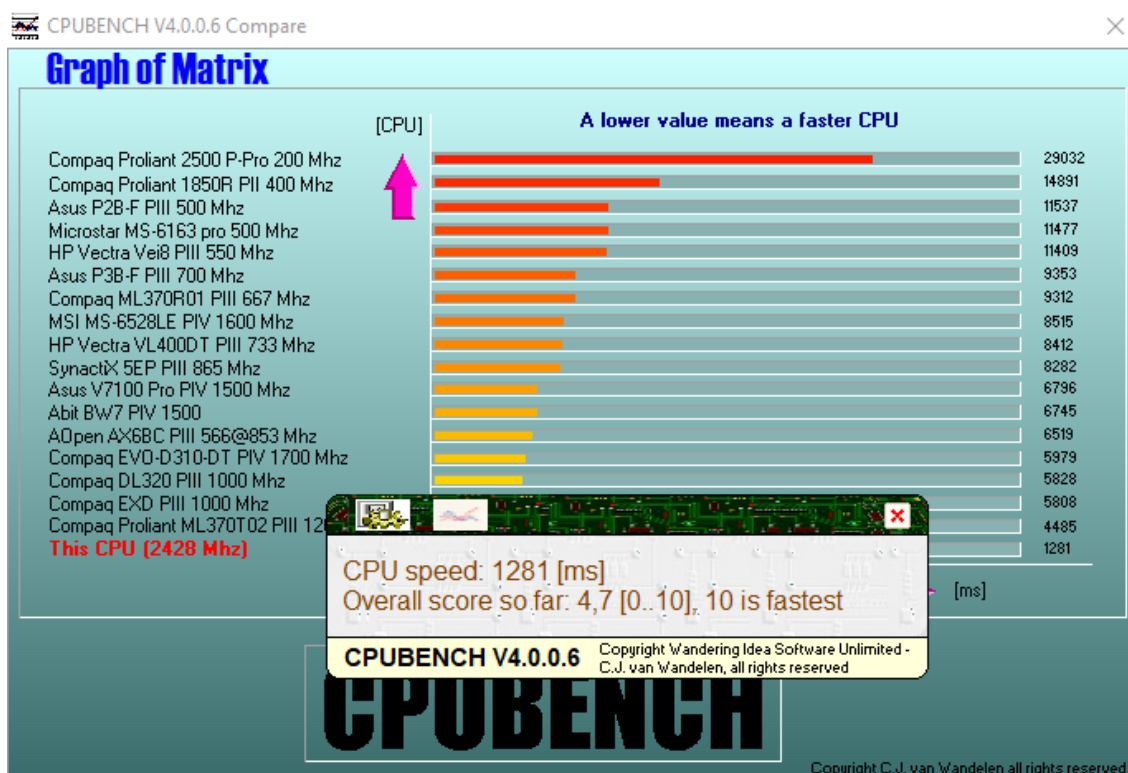
Frame rate: 10.64 fps  
Resolution: 1024x768x32  
Optimizations: D3D RGB Rendering PI

1024x768

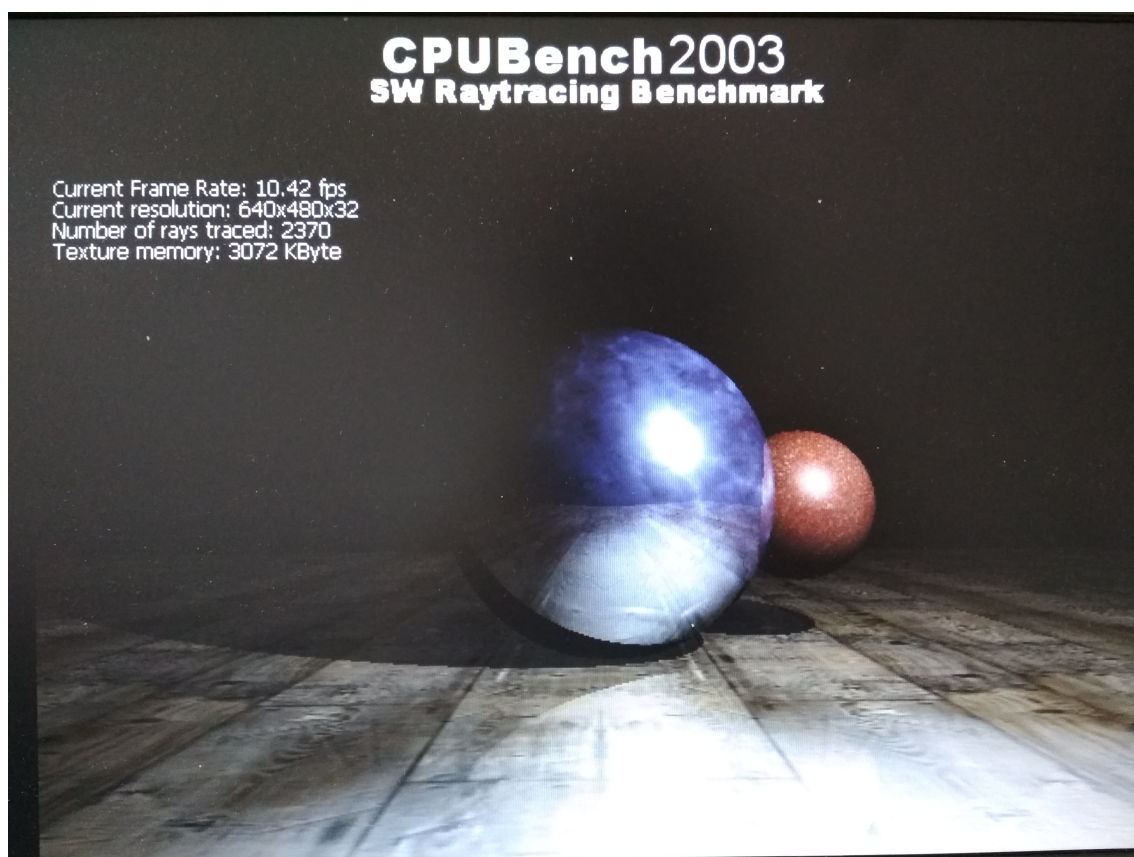




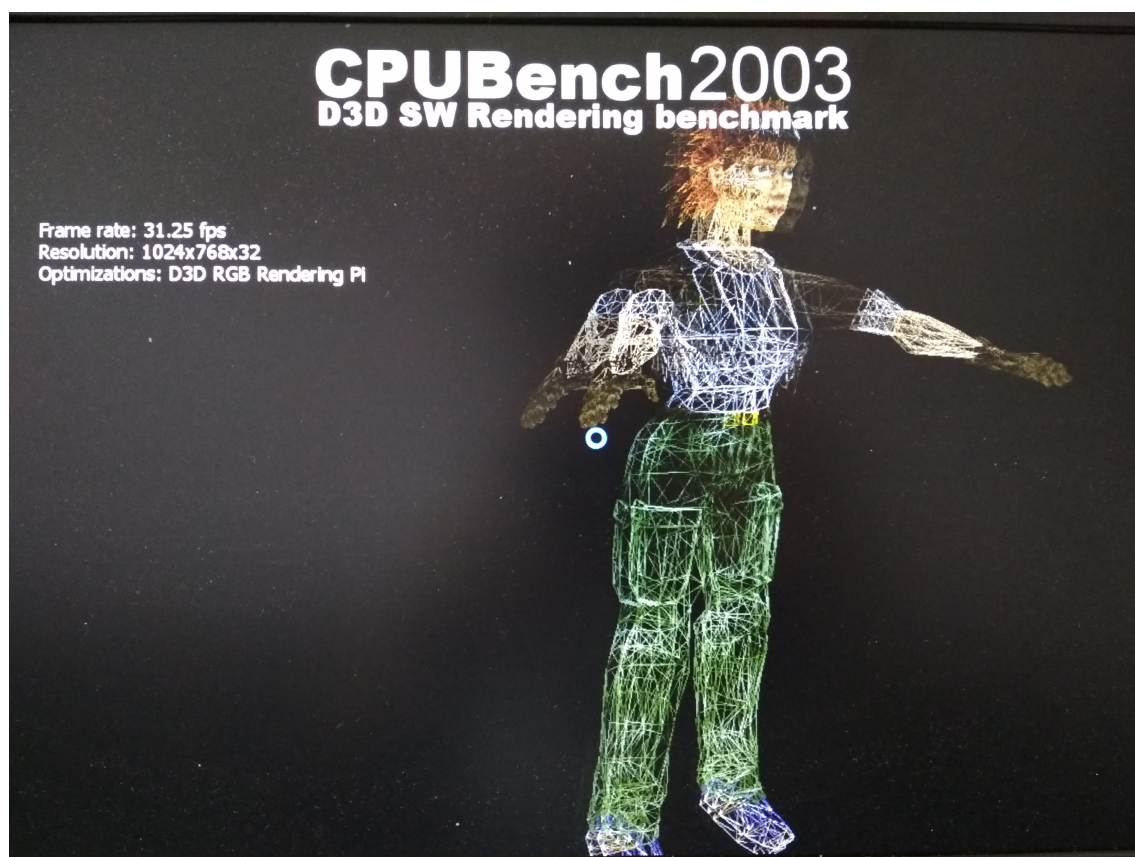
Obrázek 51: Výpočet čísla Pí na systému Windows 7 spuštěném na notebooku Acer Aspire V3-771G



Obrázek 52: Výpočet matice na systému Windows 7 spuštěném na notebooku Acer Aspire V3-771G



Obrázek 53: Grafický test 1 na systému Windows 7 spuštěném na notebooku Acer Aspire V3-771G



Obrázek 54: Grafický test 2 na systému Windows 7 spuštěném na notebooku Acer Aspire V3-771G

## Literatura

- [1] Operační systémy. Www.cmsps.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.cmsps.cz/~marlib/os/os.html>
- [2] ÚVOD DO TEORIE OPERAČNÍCH SYSTÉMŮ [online]. Ostrava, 2003 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY\\_01\\_043/Opera%C4%8Dn%C3%AD%20syst%C3%A9my/02%20Text%20pro%20e-learning/Opera%C4%8Dn%C3%AD%20syst%C3%A9my%2001.pdf](http://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_043/Opera%C4%8Dn%C3%AD%20syst%C3%A9my/02%20Text%20pro%20e-learning/Opera%C4%8Dn%C3%AD%20syst%C3%A9my%2001.pdf). VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [3] Historie Unixu. Abclinuxu.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://www.abclinuxu.cz/ucebnice/historie/historie-unixu>
- [4] Učební texty pro předmět operační systémy [online]. Ostrava, 2009 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~rep75/Predmety/Unix/TextyUnix\\_Linux.pdf](http://homel.vsb.cz/~rep75/Predmety/Unix/TextyUnix_Linux.pdf). VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [5] Linux - Dokumentační projekt [online]. [cit. 2019-04-15]. ISBN 978-80-251-1525-1. Dostupné z: [https://www.securenet.cz/download/LDP\\_4.pdf](https://www.securenet.cz/download/LDP_4.pdf)
- [6] Ubuntu 18.04 LTS podpora. Root.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.root.cz/zpravicky/ubuntu-18-04-lts-bude-mit-podporu-10-let/>
- [7] Ubuntu system requirements. Help.ubuntu.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://help.ubuntu.com/community/Installation/SystemRequirements>
- [8] Debian - Univerzální operační systém. Debian.org [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.debian.org/index.cs.html>
- [9] Red Hat Enterprise Linux Release Dates. Access.redhat.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://access.redhat.com/articles/3078>
- [10] Fedora requirements. Docs.fedoraproject.org [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://docs.fedoraproject.org/en-US/Fedora/20/html/Installation\\_Quick\\_Start\\_Guide/Requirements.html](https://docs.fedoraproject.org/en-US/Fedora/20/html/Installation_Quick_Start_Guide/Requirements.html)
- [11] Microsoft: Bill Gates a nejznámější příběh počítačové historie. Itbiz.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.itbiz.cz/pribeh-spolecnosti-microsoft>
- [12] Historie Windows [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://www.oldwin.4fan.cz/historie-windows/>
- [13] Windows 7 podpora. Zive.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/microsoft-nabidne-podporu-windows-7-az-do-roku-2023-ale-pouze-za-penize/sc-3-a-195007/default.aspx>



- [14] Operating System Market Share. Netmarketshare.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://netmarketshare.com/operating-system-market-share.aspx?>
- [15] Windows 7 system requirements. Support.microsoft.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://support.microsoft.com/en-gb/help/10737/windows-7-system-requirements>
- [16] Windows 10. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Windows\\_10](https://cs.wikipedia.org/wiki/Windows_10)
- [17] Windows 10 system requirements. Support.microsoft.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://support.microsoft.com/en-us/help/4028142/windows-windows-10-system-requirements>
- [18] Mobilní operační systém Android. Diit.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://diit.cz/clanek/mobilni-operacni-system-android>
- [19] Codenames, Tags, and Build Numbers. Source.android.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://source.android.com/setup/start/build-numbers>
- [20] Klíčové vlastnosti OS Andriod. Diit.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://diit.cz/clanek/klicove-vlastnosti>
- [21] TAMZ 2 Android [online]. Ostrava, 2018 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://tamz2.mrl.cz/download/TAMZ2-2018-1.pdf>. Prezentace přednášky. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [22] TAMZ 2 Android2 [online]. Ostrava, 2018 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://tamz2.mrl.cz/download/TAMZ2-2016-2.pdf>. Prezentace přednášky. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [23] Stručná historie iOS. Imagazin.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://imagazin.cz/strucna-historie-ios-kapitola-prvni/>
- [24] Apple security updates. Support.apple.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://support.apple.com/en-us/HT201222>
- [25] Ubuntu Touch features. Ubuntu-touch.io [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://ubuntu-touch.io/features>
- [26] Devices Ubuntu Touch. Ubuntu-touch.io [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://devices.ubuntu-touch.io/>
- [27] OS Windows Mobile/Phone: strná cesta historií. Cnews.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/os-windows-mobilephone-strma-cesta-historii/>



- [28] Windows Phone. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Phone](https://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Phone)
- [29] Difference between a mobile's OS and a PC's OS. Quora.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-a-mobiles-OS-and-a-PCs-OS>
- [30] PROCESOR [online]. Havířov [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna\\_eltech/epo/cpu.pdf](https://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_eltech/epo/cpu.pdf). Střední škola, Havířov-Šumbark, Sýkorova 1/613, příspěvková organizace.
- [31] ARCHITEKTURA PROCESORŮ [online]. Havířov [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna\\_eltech/epo/arch\\_cpu.pdf](https://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_eltech/epo/arch_cpu.pdf). Střední škola, Havířov-Šumbark, Sýkorova 1/613, příspěvková organizace.
- [32] Procesory CISC a RISC [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://poli.cs.vsb.cz/edu/apps/down/procrisc.pdf>. Studijní materiál pro předmět Architektury počítačů. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [33] ARM processor. Computerhope.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.computerhope.com/jargon/a/arm.htm>
- [34] Mikroprocesory s architekturou ARM. Root.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/mikroprocesory-s-architekturou-arm/>
- [35] ARM product processor. Arm.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.arm.com/products/silicon-ip-cpu>
- [36] Architektura Intel Atom [online]. Ostrava, 2008 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [http://wh.cs.vsb.cz/mil051/images/9/9b/PAP\\_Intel\\_Atom\\_%28Sojka%29.pdf](http://wh.cs.vsb.cz/mil051/images/9/9b/PAP_Intel_Atom_%28Sojka%29.pdf). VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [37] Intel Atom x5-Z8300. Notebook.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://notebook.cz/clanky/technologie/2016/intel-atom-x5-z8300>
- [38] ZenFone 2 (ZE551ML). Asus.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://www.asus.com/cz/Phone/ZenFone\\_2\\_ZE551ML/](https://www.asus.com/cz/Phone/ZenFone_2_ZE551ML/)
- [39] Asus Zenfone 2 ZE551ML. Gsmarena.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://www.gsmarena.com/asus\\_zenfone\\_2\\_ze551ml-6917.php](https://www.gsmarena.com/asus_zenfone_2_ze551ml-6917.php)
- [40] Google Pixel 2. Android.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.android.com/phones/google-pixel-2/>

- [41] Google Pixel 2 64GB světle modrý. Alza.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/google-pixel-2?dq=5125647&layoutAutoChange=1>
- [42] Samsung Galaxy S7. Samsung.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.samsung.com/cz/smartphones/galaxy-s7/overview/>
- [43] Microsoft Lumia 950 XL. Mobilenet.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/recenze-microsoft-lumia-950-xl-to-nejlepsi-z-redmondu-29366>
- [44] Installing Windows 10 ARM64 into Lumia 950 XL. Onedrive.live.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://onedrive.live.com/view.aspx?resid=C8B0DBB75540E8D5!1186276&ithint=file%2cdocx&app=Word&authkey=!ACKGWLv2nY\\_pncM](https://onedrive.live.com/view.aspx?resid=C8B0DBB75540E8D5!1186276&ithint=file%2cdocx&app=Word&authkey=!ACKGWLv2nY_pncM)
- [45] Virtualizace serveru na bázi KVM a QEMU [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/104028/VAC0059\\_FEI\\_B2647\\_2601R013\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/104028/VAC0059_FEI_B2647_2601R013_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Bakalářská práce. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA.
- [46] Co je virtualizace. Hosting.wedos.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://hosting.wedos.com/cs/virtual/co-je.html>
- [47] Virtualizace aplikací. Test.unicornsyste.ms.eu [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://test.unicornsyste.ms.eu/cz/novinky/clanek/virtualizace-aplikaci.html>
- [48] Virtualizace operačních systémů. Beranr.webzdarma.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://www.beranr.webzdarma.cz/virtualizace.html>
- [49] Virtualizace na úrovni jádra operačního systému. Abclinuxu.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://www.abclinuxu.cz/clanky/system/virtualizace-na-urovni-jadra-operacniho-systemu>
- [50] What is QEMU. Qemu.org [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.qemu.org/index.html>
- [51] Kernel Virtual Machine. Linux-kvm.org [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://www.linux-kvm.org/page/Main\\_Page](https://www.linux-kvm.org/page/Main_Page)
- [52] Motorola Atrix. Mobilmania.cz [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.mobilmania.cz/motorola-atrrix>
- [53] Motorola ATRIX (2). Gsmarena.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: [https://www.gsmarena.com/motorola\\_atrrix-3709.php](https://www.gsmarena.com/motorola_atrrix-3709.php)
- [54] Limbo x86. F-droid.org [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://f-droid.org/en/packages/com.limbo.emu.main/>

- [55] BusyBox. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/BusyBox>
- [56] BusyBox: The Swiss Army Knife of Embedded Linux. Busybox.net [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://busybox.net/about.html>
- [57] Linux Deploy. Github.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://github.com/meefik/linuxdeploy>
- [58] Root the Pixel 2. Android.gadgets.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://android.gadgets.com/how-to/root-pixel-2-pixel-2-xl-install-magisk-0181117/>
- [59] Zenfone 2 ToolKit [Z00A/Z008/Z00X]. Forum.xda-developers.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://forum.xda-developers.com/zenfone2/general/bl-unlock-ze551ml-toolkit-t3546293>
- [60] Unlock Bootloader and Root the Google Pixel 2. Xda-developers.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.xda-developers.com/how-to-unlock-bootloader-and-root-the-google-pixel-2-and-pixel-2-xl/>
- [61] Linux on a Droid. Linux-magazine.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <http://www.linux-magazine.com/Online/Features/Convert-an-Android-Device-to-Linux>
- [62] ZF2 Running Windows 7, 8 & 10 using KVM. Forum.xda-developers.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://forum.xda-developers.com/zenfone2/general/zf2-running-windows-7-using-kvm-t3153299>
- [63] Tutorial Flash Kernel FlareX v3 0 Zenfone 2 ZE551ML. In: Youtube.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=CsWogFbfg7E>
- [64] How to Unlock Bootloader and Install TWRP recovery in Asus Zenfone 2. In: Youtube.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=3rnpQRq1FYE>
- [65] Stáhnout Ubuntu pro osobní počítače. Ubuntu.cz [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.ubuntu.cz/ziskat-ubuntu/stahnout-desktop/#standard>
- [66] Instalace systému Debian přes Internet. Debian.org [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.debian.org/distrib/netinst>
- [67] Red Hat Enterprise Linux Release Dates. Access.redhat.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://access.redhat.com/articles/3078>
- [68] Getfedora.org [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://getfedora.org/cs/>

- [69] Limbo PC Emulator. Sourceforge.net [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://sourceforge.net/projects/limbopcemulator/>
- [70] Odkaz pro stažení souboru W95.img. Wi.cr [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://wi.cr/sQlaVg/>
- [71] Hacker's Keyboard. Play.google.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.pocketworkstation.pckeyboard&hl=cs>
- [72] BusyBox. Play.google.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=sticson.busybox&hl=cs>
- [73] Linux Deploy. Play.google.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.meefik.linuxdeploy>
- [74] Linux Deploy 2.2.1. Github.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://github.com/meefik/linuxdeploy/releases/tag/2.2.1>
- [75] VNC Viewer - Remote Desktop. Play.google.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.realvnc.viewer.android&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.realvnc.viewer.android&hl=en_US)
- [76] Odkaz pro stažení souboru ze551ml-toolkit-v1.3-base.zip. Forum.xda-developers.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://forum.xda-developers.com/devdb/project/dl/?id=26965>
- [77] Odkaz pro stažení nástrojů ADB a Fastboot. Dl.google.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://dl.google.com/android/repository/platform-tools-latest-windows.zip>
- [78] Aplikace Magisk Manager. Apkmirror.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.apkmirror.com/apk/topjohnwu/magisk-manager/>
- [79] Odkaz pro stažení factory image pro Telefon Google Pixel 2. Dl.google.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://dl.google.com/dl/android/aosp/taimen-opm2.171026.006.h1-factory-57328312.zip>
- [80] ASPICE: Secure SPICE Client. Play.google.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.iiordanov.freeaSPICE&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.iiordanov.freeaSPICE&hl=en_US)
- [81] Fhd kernel ( ZE551 ). Forum.xda-developers.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://forum.xda-developers.com/zenfone2/orig-development/fhd-kernel-ze551-kvm-bridge-compiled-t3145055>

- [82] Výsledek testu telefonu Asus Zenfone 2. Openbenchmarking.org [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://openbenchmarking.org/result/1903219-F0-HOMEANDR071>
- [83] Výsledek testu telefonu Google Pixel 2. Openbenchmarking.org [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://openbenchmarking.org/result/1903219-KH-HOMESTUDE47>
- [84] Výsledek testu notebooku Acer Aspire V3-771G. Openbenchmarking.org [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://openbenchmarking.org/result/1903214-KH-NOTEB00KT13>
- [85] VX ConnectBot. Play.google.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=sk.vx.connectbot&hl=cs>
- [86] Twrp\_z00a\_v24\_repack.img. Drive.google.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://drive.google.com/file/d/0B38ce0k2l88qMkcyUXB2T3Baalk/view>
- [87] Limbo PC Emulator QEMU ARM x86. Apkpure.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://apkpure.com/limbo-pc-emulator-qemu-arm-x86/fr.energycube.android.app.com.limbo.emu.main.armv7>
- [88] Download PuTTY. Chiark.greenend.org.uk [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/latest.html>
- [89] AnTuTu Benchmark. Play.google.com [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.antutu.ABenchMark&hl=cs>
- [90] Benchmark tools. Benchmarkhq.ru [online]. [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: [http://www.benchmarkhq.ru/english.html?/b\\_e.html](http://www.benchmarkhq.ru/english.html?/b_e.html)
- [91] Logo systému Android. In: Medicalcenter.virginia.edu [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.medicalcenter.virginia.edu/mobile-device-setup/colorsAndroidlogo.jpg>
- [92] Android Activity Life Cycle. In: Skill-guru.com [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.skill-guru.com/blog/2011/01/13/android-activity-life-cycle/>
- [93] Co je to virtualizace. In: Oldanygroup.cz [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.oldanygroup.cz/virtualizace-vmware-zakladni-informace-9/>